

気泡混入ヘッダ管に関する研究

著者	濱田 朋起
学位授与機関	東京商船大学
学位授与年度	1996
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00000660/

修 士 論 文

題 目 気泡混入ヘッダ管に関する研究

指導教官 畑中 義博

課 程 名 商船学研究科 商船システム工学専攻
平成7年度入学

学籍番号・氏 名 95114 濱田 朋起

平成9年 1月31日 提 出



目 次

I. 序論	1
II. 実験装置及び実験方法	
II - 1 実験装置への供給ライン	3
II - 2 実験装置概略	6
II - 3 実験方法	8
III. 結果の整理	9
IV. 結果及び考察	
IV - 1 計算値と実験値との比較	1 3
IV - 2 单相流における実験結果及び考察	1 4
IV - 3 気液二相流における実験結果及び考察	1 4
V. 結論	2 4
VI. 参考文献	2 5
VII. おわりに	2 6
VIII. 実験データ	2 7

I. 序論

管寄せ（ヘッダ）から支管へ分岐させる、あるいは、支管からヘッダに合流させるといった多連分岐管方式は、近年、ボイラや冷凍・空調など多くの分野で用いられている。しかし、実用面で課せられる条件は厳しく、また配管内の流動状態は、单相流のみならず気液二相流状態になっている場合が多い。特にボイラの蒸発管入口で気液二相流状態になっている場合、支管内を流れる液相の流量分配は不均一になっている場合が多く、流体の不安定現象や、蒸発管のバーンアウトなどの事故も起こっている。

気液二相流が单相流と違う大きな特徴としては、気相と液相の界面が形を変えて様々な幾何学的形状を呈する点である。その気液二相流の気液界面の形状（流動様式）の違いに加えて、気相が圧縮性をもつために流れの様相をより複雑にし、解析を困難にしている。しかし、気液二相流の応用分野は多岐にわたり、蒸気動力・化学プラントの設計を始め、近年では宇宙用動力装置、地熱・太陽熱などのエネルギー関連装置の分野にも広がっている。これらの装置の設計、計画及び運転方法において、気液二相流の特性の把握は重要な基礎問題事項である。

これまで多くの研究者が、気液二相流に関する工学的、技術的研究を行い、多くの成果を上げてきた。そして、管形状による主管と単数の支管との流量分配や管内の流動様式の特性に関しては多く発表されてきている。^{(iv) ~ (vii)} 多連分岐管方式による流動分配に関する研究も、論文がいくつか発表されている。

渡辺ら⁽ⁱ⁾は、垂直多連分岐管における気液二相流実験を行っている。渡辺らによると、ヘッダ入口流量が少ない場合には、ヘッダ入口乾き度が増大するに伴い、一時奥側支管に液相が流入しなくなるとのち、奥側支管へ多く液相が流入し、手前側支管はしだいに液相が流入しなくなり、1番手前の支管は完全に乾ききってしまうとある。また、支管本数を変化させても流量分配の傾向はほぼ類似した傾向を示していることから、各支管の流量分配特性は各分岐直前主管部の流動状態に大きく依存していると考えている。しかし、垂直支管では、支管出入口のヘッド差が影響するはずであり、気相が流入することにより、ヘッド差が少なくなる手前側の支管に多く液相が流入するはずである。しかし、それに関することは述べられていない。また久保ら⁽ⁱⁱ⁾は、单相流における多連分岐・合流管の研究を行い、支管と管寄せの形状比及び管寄せ内の流動状態の変化を示すディフューザ係数とノズル係数などの

影響を調べている。さらに久保ら⁽ⁱⁱⁱ⁾は、気液二相流の合流に関する実験も行っているが、分岐に関する実験は行っていない。

多連分岐管において、複数の垂直支管を配した二相流の研究は少ないため、より多くの実験データを収集してまとめていく必要がある。そこで本研究では、ヘッダから垂直に複数の支管を配した場合の液相单相流と微量な気泡が混入した気液二相流の2種類の流動状態での実験を行い、各支管への液相の流量分配の比較を行った。また、支管高さを変えた場合の両状態の比較も行った。今回、液相として“水”を、気相として“空気”を使用した。

Ⅱ．実験装置及び実験方法

Ⅱ－１ 実験装置への供給ライン

図 1 に、液相单相流実験の際のテストセクション部に至るまでの配管を示す。底部水槽に貯められている水は、揚水ポンプにより約 10 m の高さにある重力タンクに送られ、自重によりテストセクション部に送水を行う。配管内を完全な水の单相流状態にするために、系統の途中にエア抜きを設けた。流量の調整は、系統の途中に設けたコックの開閉により行う。また、テストセクション部侵入直前にオリフィスを設けた。そのオリフィスの出入口に圧力タップを設け、水銀マノメータを取り付けた。オリフィスの出入口の差圧をはかることにより、水の流量を計算している。オリフィス通過後、内径 25mm の円管を通してテストセクション部に送られる。

図 2 に、気液二相流実験の際のテストセクション部に至るまでの配管を示す。図 1 と違う点は、テストセクションで気液二相流状態を作るために気相のラインを配管している点である。液相の配管は、図 1 に示してあるものと全く同じである。気相（空気）は、圧縮機によって作られたのち、減圧弁で 0.5kg/cm^2 に減圧され、テストセクション部に供給される。圧縮空気は、流量計の直前のバルブによって、テストセクション部に流入する空気量を調整する。流量計は、0 ～ 5 Nl/min まで測定可能な面積式流量計を、圧力計は、0 ～ 1kg/cm^2 まで測定可能なものを使用した。

それらを通過後、空気はテストセクションの支管分岐部から十分離れた水の配管上部より供給し、水と空気の混合流れを形成した。また、水が空気側に侵入しないように、流量計と気液混合部の間に逆止弁を取り付けた。

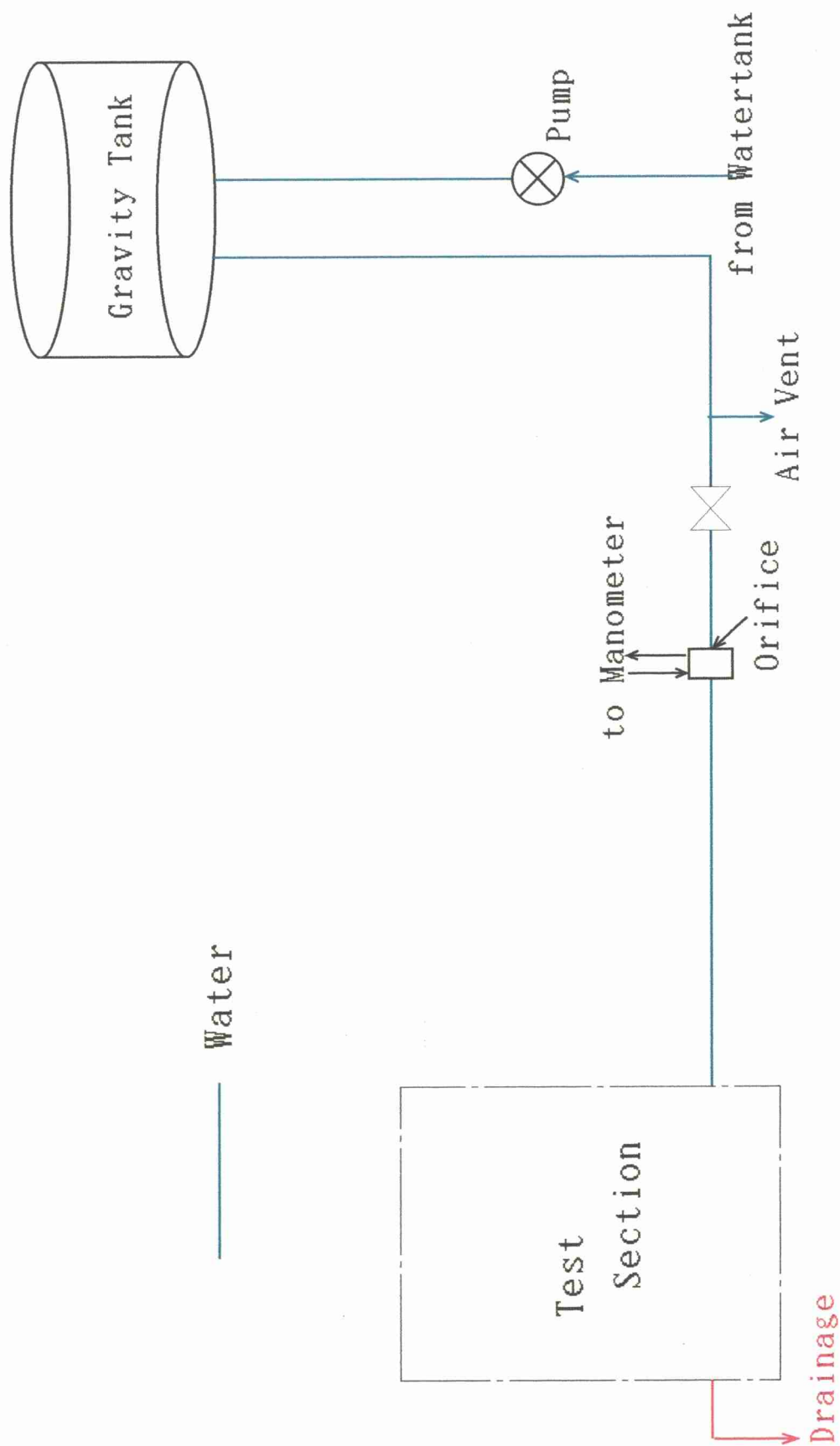


図 1 実験装置への水の供給ライン

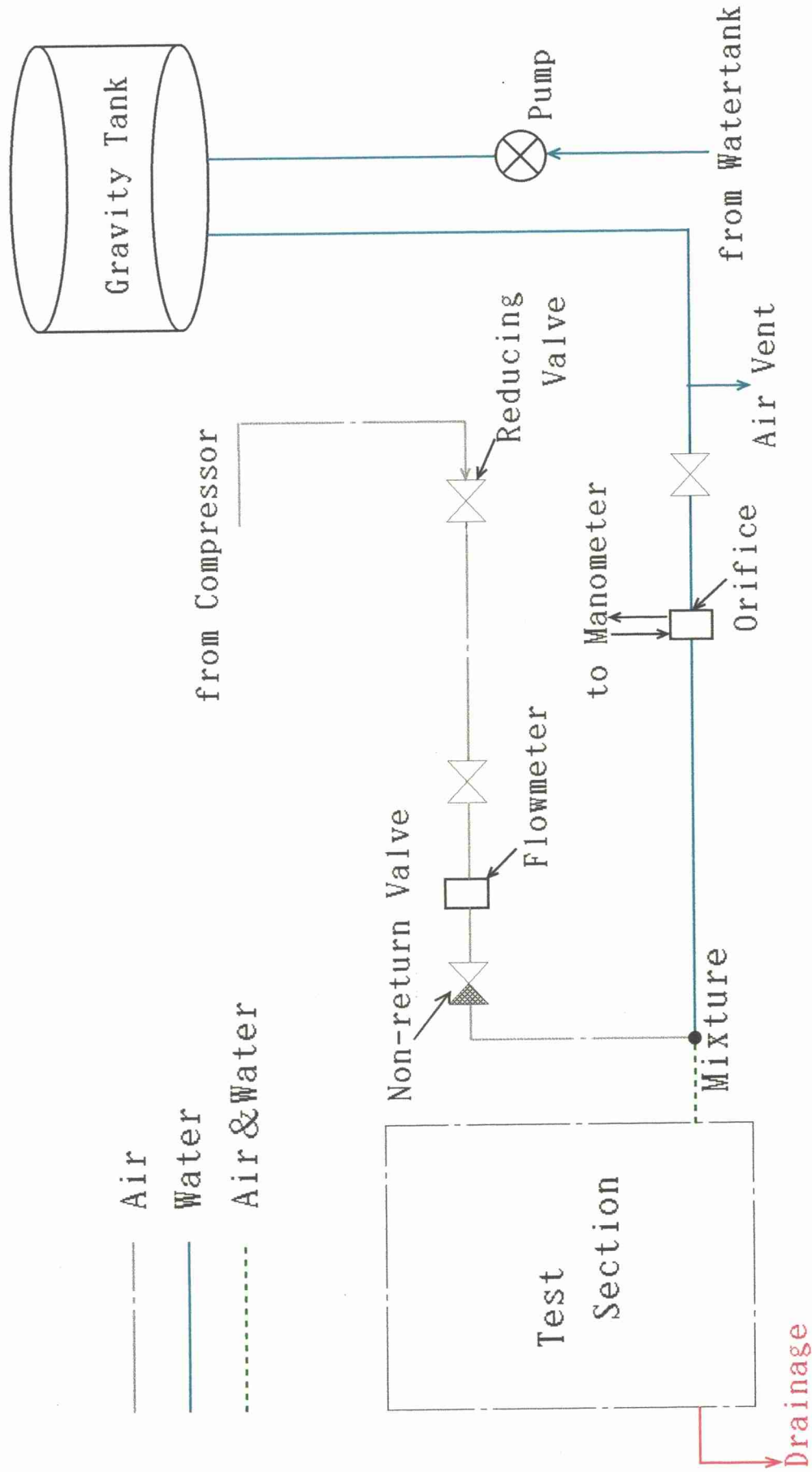


図2 実験装置への水と空気の供給ライン

Ⅱ－２ 実験装置の概略

図 3 に実験装置の概略図を示す。実験装置は、幅 40mm × 40mm のダクト（主管）と、内径 10mm の 4 本の垂直枝管でモデル化した多連分岐管によって構成される。枝管の高さは、585mm、800mm、1000mm の 3 種類を使用した。液相单相もしくは気液二相混合流は、主管部を通過後、各枝管に分岐される。実験装置は、可視化観察のため透明アクリル性とした。主管から枝管に分岐する水の流量を測定するために、内径 80mm、高さ約 600mm の円筒を取り付けた。その円筒に、流量測定のための水位計と、測定終了後の水の排出のためのドレン管を 2 本取り付けた。

ダクト侵入地点から一番手前の枝管までの助走距離を 600mm、各枝管のピッチは、130mm とした。

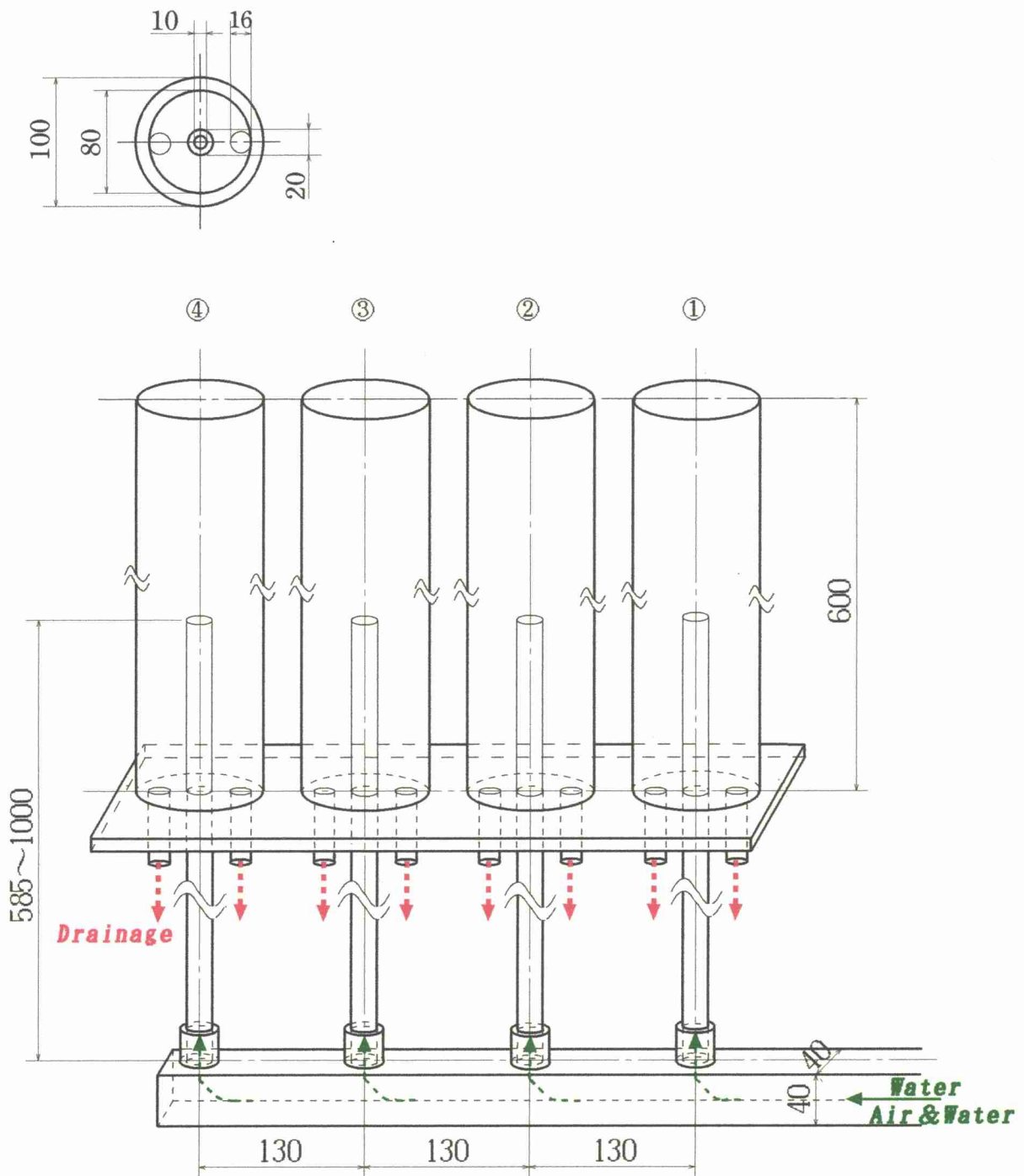


図3 実験装置概念図

Ⅱ－3 実験方法

単相流の実験では、ダクト内に流入する水の流量を一定にした条件の下で行った。まず、水側のラインを起動させ、実験ができる状態にする。実験開始前に実験室内の温度、大気圧、水温を計測する。そして、水側のオリフィス出入口の差圧を水銀マンオメータで、また各枝管直前のダクト内の圧力を、傾斜マンオメータで計測したのち、計測を開始する。

まず、各枝管に取り付けている貯水円筒の排出管のコックを閉める。次に、適当な地点で支管番号④の担当の者が計測開始の合図を出し、支管番号④に流入する水の流量が水位計で 100mm 溜まれば終了の合図を出し、計測を終了する。同時にそのときの時間を計測しておく。支管番号①～③の担当の者は、その時間当たり何 mm の高さまで溜まっているのかを計測する。記録した後、一連の操作を繰り返す。差圧は、コック全開の時から約 50mmHg ずつ下げていき、差圧が約 25mmHg になるまで繰り返す。

気液二相流実験では、ダクト内に流入する空気の流量を一定にした条件の下で行った。まず単相流実験の場合と同様、実験開始前に実験室内の温度、大気圧、水温を計測した後、今回の実験で流入させる空気流量になるように空気側バルブの調整を行う。以降は単相流実験の場合と同じ方法で計測を行った。ただし、気相が液相側配管に逆流し始め、液相側配管にあるオリフィスに達した時点で計測を中止した。空気流量は 5, 4, 3, 2, 1, 0.5 Nl/min の 6 種類に調節した。

また、585mm、800mm、1000mm の 3 種類に高さを変え、単相流・気液二相流双方で以上のような操作を繰り返し行った。

Ⅲ. 結果の整理

(Ⅰ) 単相流の結果の整理

単相流において、次の計算式より、各支管の流量分配の割合を予測した。

P_a : 大気圧 (Pa)

P_i : i 番目の分岐直前における圧力 (Pa)

P_{i+1} : $i+1$ 番目の分岐直前における圧力 (Pa)

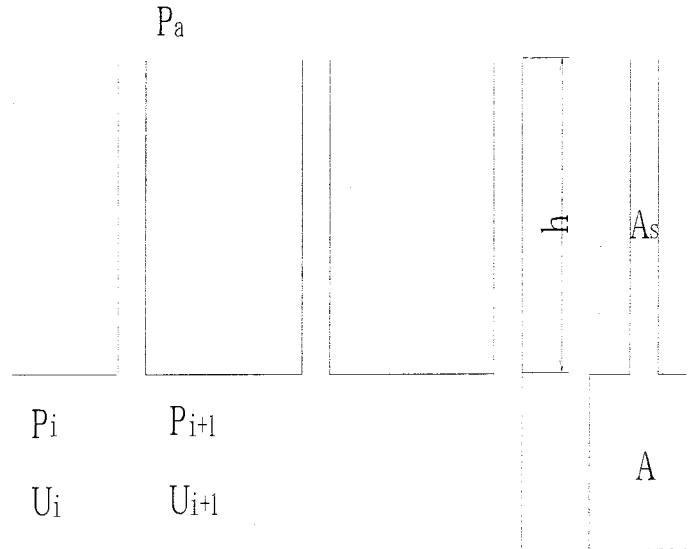
U_i : i 番目の分岐直前における流速 (m/s)

U_{i+1} : $i+1$ 番目の分岐直前における流速 (m/s)

A : ヘッダの断面積 (m^2)

A_s : 支管の断面積 (m^2)

h : 支管の高さ(m)



$i+1$ 番目の分流直前における圧力 P_{i+1} と、 i 番目の分流直前の圧力 P_i の差圧は、各支管入口直前における流体の運動エネルギーの差に圧力回復係数をかけたもので表される。

$$P_{i+1} - P_i = \eta \cdot \frac{\rho_L}{2} (U_i^2 - U_{i+1}^2) \quad (1)$$

η : 圧力回復係数 (=1.0)

ρ_L : 水の密度 (kg/m^3)

また、 i 番目直前の圧力と支管出口との圧力の差は、 i 番目管内の流体の運動エネルギーに管の摩擦抵抗と、ヘッダと支管との面積比をかけたものと、管の高さによる水頭圧の和で表される。

$$P_i - P_a = R \cdot \frac{\rho_L}{2} (U_i - U_{i+1})^2 m^2 + \rho g h \quad (2)$$

g : 重力加速度 (m/s^2)

m : 面積比 (= A/A_s)

R : 抵抗係数

抵抗係数は、次式のように示す

$$\mathbf{R} = \xi + 4\lambda \frac{h}{d}$$

d : 支管の直径 (m)

ξ : 管入口形状による損失係数 (=0.5)

λ : 摩擦損失係数

管入口形状による損失係数 ξ は、今回の装置のようにヘッダと支管が垂直 (90 度) に取り付けられている場合は、これまでの経験より 0.5 という値が示されているので、それを使用した。また、摩擦損失係数 λ は、次式に示してあるレイノルズ数によって変化する公式 (ブラジウスの公式) を使用した。

$$\lambda = 16/\text{Re} \text{ (層流)} \quad \text{or} \quad \lambda = 0.079 \text{Re}^{-0.25} \text{ (乱流)}$$

Re : レイノルズ数

今回、レイノルズ数が 2300 以下を層流、それ以上を乱流とし、以上の値を代入することによって、 \mathbf{R} を計算する。

ヘッダ入口流速を \mathbf{U}_0 とすると、

$$\mathbf{P}_i^* = \frac{\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_a - \rho_L gh}{\frac{\rho_L}{2} \mathbf{U}_0^2} \quad \mathbf{U}_i^* = \frac{\mathbf{U}_i}{\mathbf{U}_0} \quad (3)$$

より、式 (1) , (2) を無次元化すると、次式のようになる。

$$\mathbf{P}_{i+1}^* - \mathbf{P}_i^* = \eta \left(\mathbf{U}_i^{*2} - \mathbf{U}_{i+1}^{*2} \right) \quad (4)$$

$$\mathbf{P}_i^* = \mathbf{R} m^2 \left(\mathbf{U}_i^* - \mathbf{U}_{i+1}^* \right)^2 \quad (5)$$

式 (4) , (5) を用いて各管の分配量を繰り返し計算させる。

(II) 気液二相流の結果の整理

気液二相流状態において、気相が1番手前の支管（1番目の支管）にすべて流入するものと仮定し、（I）の場合と同様の式を利用して計算を行った。

(i) 1番目の支管の計算

気相流量は微小であるとし、ヘッダ管における圧力回復挙動には影響せず、式（4）が使えるとする。また、1番目の支管では気液二相流状態であるので、式（2）は次のように変換される。

$$P_1 - P_a = R \cdot \frac{\rho_L}{2} \left(\frac{U_1 - U_2}{1 - \alpha} \right)^2 m^2 + \bar{\rho} g h \quad (2')$$

$\bar{\rho}$: 気相と液相の密度 (kg/m³)

$\bar{\rho}$ は、次式のように示す。

$$\bar{\rho} = \alpha \rho_G + (1 - \alpha) \rho_L$$

ρ_G : 気相の密度 (kg/m³)

α : ボイド率

ボイド率の推定方法として、気相の局所流速は混合物の局所容積中心速度と局所のドリフト速度の和で与えられるとする、Zuber らの提案したドリフトフラックスモデル (drift flux model) を用いた次式を使用する。

$$\alpha = \frac{j_G}{1.13(j_G + j_L) + C_b \left[\frac{\sigma(\rho_L - \rho_G)g}{\rho_L^2} \right]^{1/4}}$$

j_G : 気相の見かけ速度(m/s)

j_L : 液相の見かけ速度(m/s)

σ : 表面張力(N/m)

C_b : 定数 (=1.18)

よって、式（3）を用いると、計算に用いる式は次式のようなになる。

$$P_2^* - P_1^* = \eta \left(U_i^{*2} - U_{i+1}^{*2} \right) \quad (4)$$

$$P_1^* = R m^2 \left(\frac{U_1^* - U_2^*}{1 - \alpha} \right)^2 - \frac{2gh\alpha(\rho_L - \rho_G)}{\rho_L U_0^2} \quad (5')$$

(ii) i 番目の支管の計算

2 番目以降の支管の計算においては、i 番目分岐直前の流動状態は、液相単相流と仮定しているため、(I) と同様の式を利用できる。よって、

$$\mathbf{P}_{i+1}^* - \mathbf{P}_i^* = \eta \left(\mathbf{U}_i^{*2} - \mathbf{U}_{i+1}^{*2} \right) \quad (4)$$

$$\mathbf{P}_i^* = \mathbf{R}m^2 \left(\mathbf{U}_i^* - \mathbf{U}_{i+1}^* \right)^2 \quad (5)$$

式 (4) 、 (5) 、 (5) を用いて各管の分配量を計算させる。

IV. 結果及び考察

IV-1 計算値と実験値との比較

図4～図9に各支管の流量比の計算値と実験値を比較したグラフを示す。

図4に、主管断面積一定のもとで支管直径を変化させたときの単相流における各支管の流量比の計算値を示す。縦軸に液相総流量を1とした場合の流量割合を、横軸に支管分岐部における1番手前の支管を番号1としたときの支管の番号である（つまり、支管は4本ある）。すると、支管内径10mmの時は液相は均等に分配されるが、支管内径を大きくする、つまりヘッダと支管の面積比を小さくしていくと、奥側の支管に流れやすくなっていることがわかる。これは、ヘッダと支管の面積比が小さくなっていくと、ヘッダ内で流速が支管への分流ごとに低下し、圧力を回復しようとするディフューザ効果により、入口より遠い支管ほど静圧が上昇するために起こると考えられる。

図5～図7に、支管直径10mmの時の液相単相流における計算値と実験値のグラフを示す。縦軸・横軸は図4の場合と同様である。支管高さ・ヘッダ入口流速を変化させても、液相の流量分配は均一であり、また計算値と良く一致する結果が得られた。よって整理で用いた計算式は、本実験装置においても適用できることが確認できた。

図8～図10に、支管高さ一定・支管直径10mmの時の気液二相流における計算値と実験値のグラフを示す。縦軸・横軸は前述と同様である。今回実験データとして、入口液相見かけ速度が速くかつクオリティも比較的大きいもの、入口液相見かけ速度は遅いがクオリティは大きいもの、入口液相見かけ速度も遅くクオリティも比較的小さいものの3種類を任意に選択した。図より、計算値も実験値と同様に1番手前の支管に多く液相が流入する結果が得られた。しかし今回は、予測以上に実際は多く液相が1番手前の支管に多く流入する結果が得られた。単相流の式を変化させたものをこのままでは適用できないことから、今後気液二相流の特徴である流動様式や気液の相対速度比などを考慮した解析をする必要があると考えられる。

IV-2 単相流における実験結果及び考察

図12～図14に、液相(水)単相の場合の各支管の流量分配の結果を示す。縦軸に水の総流量を1とした場合の各支管の流量分配割合を、横軸に水の流速を示す。図に示されているように、支管高さを変化させても流量分配がほぼ均一な値を示した。これより、液相単相流において流量分配は均一であり、各支管の高さの違いによる流量分配の影響は、ある流量までは影響しないことがわかった。しかし、水の流速が遅くなってくると、流量分配にばらつきが見られた。図11に横軸をヘッド入口液相レイノルズ数とした場合の単相流の実験結果を示す。レイノルズ数2300を境に層流・乱流と区別すると、乱流域では支管の流量分配は均一であるが、層流域になると分配がばらつき始めている。おそらく、流速の遅い領域になると、管の形状による抵抗やヘッドなどによる影響が流量分配の不均一に関わってくるのではと思われる。しかし本研究では、装置の設計上、これより遅い流速での測定はできなかった。

IV-3 気液二相流における実験結果及び考察

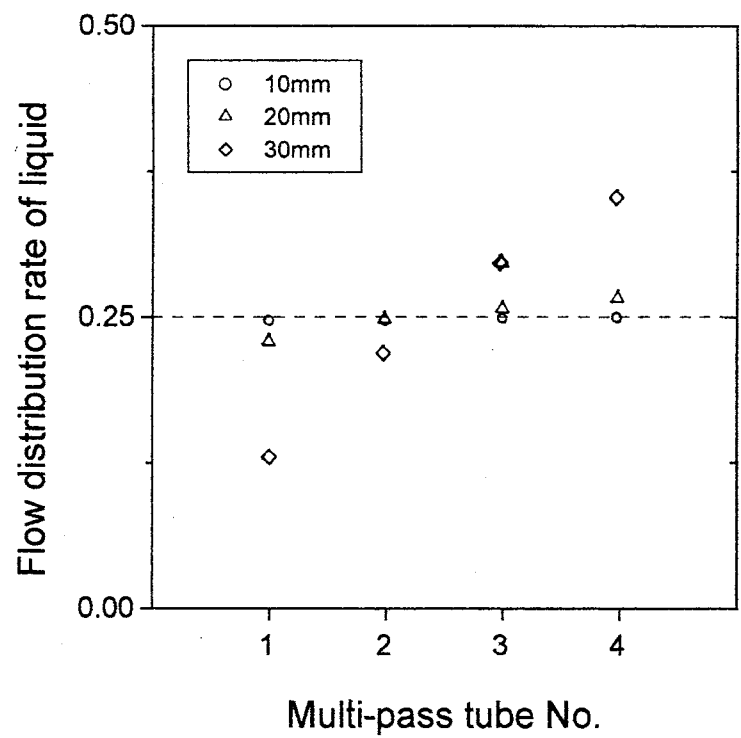
図15～図32に、気液二相流の場合の各支管の流量分配の結果を示す。縦軸に単相流の場合と同じく各支管の流量分配の割合を、横軸に液相の見かけ速度を示す。各空気流量・各支管高さとも測定結果にばらつきは見られるものの、同じような傾向を示した。すなわち空気が少しでも混入すると、1番手前の支管に多く液相(水)が流入し、他の支管は均一に水が流入しているのである。そして、1番手前の支管の流量割合は、気液総流量に対する気相の割合が増加するにつれて増加し、逆に他の支管は減少しているのである。今後、気相流量一定のもとで液相流量を増加する、つまり、総流量に対する気相の割合が少なくなっていくと、少しの気泡混入では流量分配の不均一は見られなくなるものと思われる。しかし、そのときの気相の流量割合は非常に小さいものになると考えられる。また図16, 22, 27などのように、水の流量が少なくなると、手前から2番目の支管の流量分配割合が増加する傾向が見られた。これは、2番目の支管に気相(空気)が混入したために、流量分配割合が上昇したのである。よって他の支管にも少しでも気泡が混入すると、液相がより多く流入することがわかった。さらに気相速度を速くすると、2番目以降の支管に気相が流入していくために奥側の支管の液相流量割

合は高くなり、手前側の支管にはしだいに液相が流入しなくなって、最終的には1番手前の支管は乾ききってしまうのではと思われる。

そこで、図33～図38に、流量分配割合が他の支管と違う傾向を示している一番手前の支管に注目し、ほぼ同じ気相のみかけ速度に対する支管高さの違いによる流量分配の割合の傾向を示す。縦軸に水の総流量を1とした場合の一番手前の支管の流量割合を、横軸に液相の見かけ速度を示す。支管の高さの差が少ないため、傾向に大きな差が出ていないものの、支管高さが高いほど、水の流量割合が1に近づくのが早い傾向を示した。すなわち、気液二相流総流量に対する気相の流量割合が小さいうちに1番手前の支管に多く液相が流れ、他の支管には流れにくくなるのである。よって気液二相流における流量分配は、分配割合の傾向は類似しているものの、気相混入による液相流入の多さには支管高さが影響すると思われる。しかし、気相のみかけ速度が小さくなると、高さによる流量割合の大きさに違いは見られなかった。

図39～図41には、支管高さ一定のもとで、気相見かけ速度を変化させたときの1番手前の支管の流量割合のグラフである。縦軸・横軸は前述と同様である。気相見かけ流速が高いほど水の流量割合が1に近づくのが早い傾向を示した。すなわち、気相が多く混入するほど、1番手前の支管に液相が流入しやすくなることがわかる。しかし気相見かけ速度が高くなると、変化に大きな差は見られなくなった。よって気泡が多く混入すると、より多く1番手前の支管に液相が流入するが、流速が速くなってくると、気相が奥側の支管にも流入し始めるため、本実験より大きい気相見かけ速度になると、1番手前の流量分配割合にグラフに示されている傾向とは違った変化が現れるのではと思われる。

支管高さ (mm)	800
ヘッダー辺長さ (mm)	40
ヘッダー入口速度 (m/s)	0.1
水温 (°C)	20
室温 (°C)	20



支管高さ (mm)	800
ヘッダー辺長さ (mm)	40
ヘッダー入口速度 (m/s)	0.02
水温 (°C)	20
室温 (°C)	20

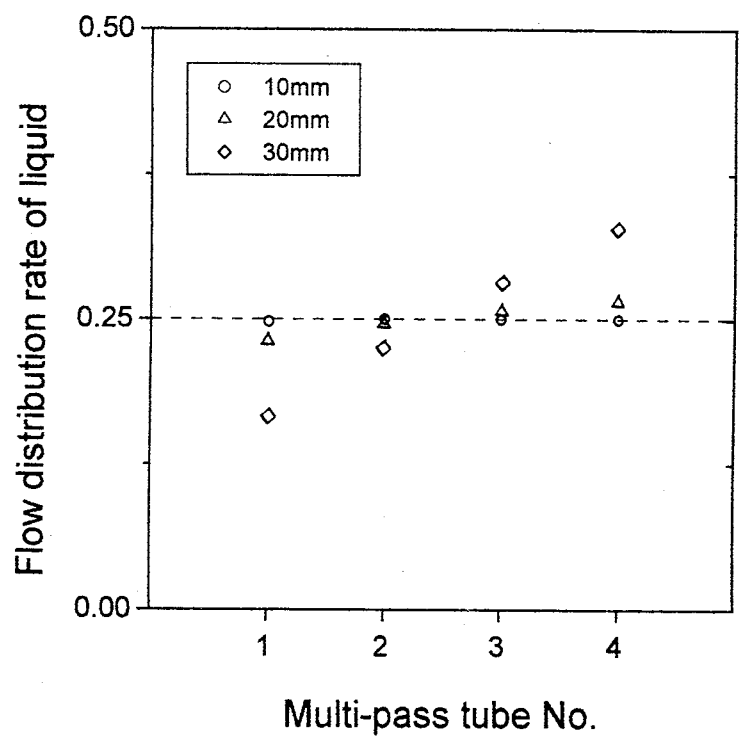
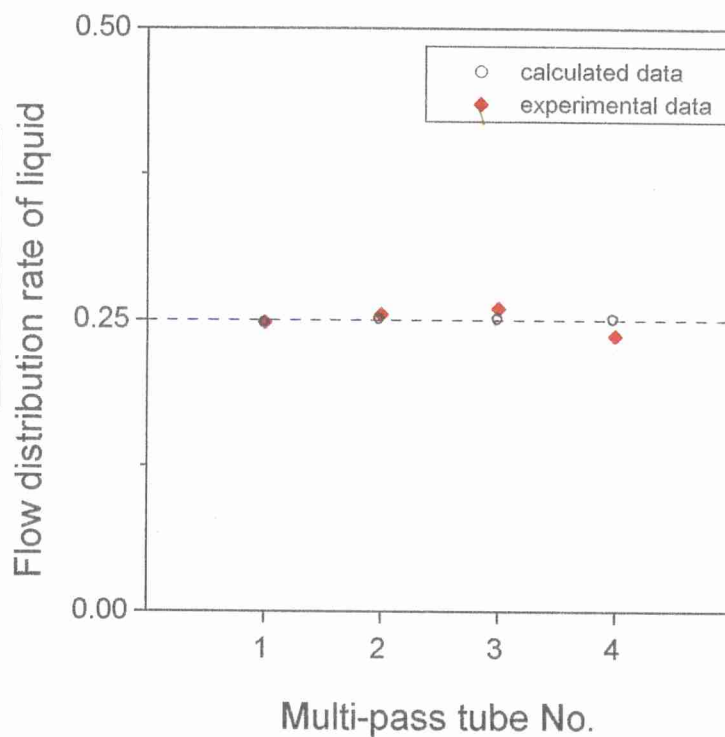


図4 管径比の違いによる計算値の変化（単相流の場合）

	計 算 値	実 測 値
支 管 高 さ (mm)	1000	
ヘ ッ ダ ー 辺 長 さ (mm)	40	
支 管 直 径 (mm)	10	
面 積 比	20.372	
ヘ ッ ダ 入 口 速 度 (10^{-2} m/s)	9.5	9.583
水 温 ($^{\circ}$ C)	26	
室 温 ($^{\circ}$ C)	28.5	



	計 算 値	実 測 値
支 管 高 さ (mm)	1000	
ヘ ッ ダ ー 辺 長 さ (mm)	40	
支 管 直 径 (mm)	10	
面 積 比	20.372	
ヘ ッ ダ 入 口 速 度 (10^{-2} m/s)	2.5	2.547
水 温 ($^{\circ}$ C)	26	
室 温 ($^{\circ}$ C)	28.5	

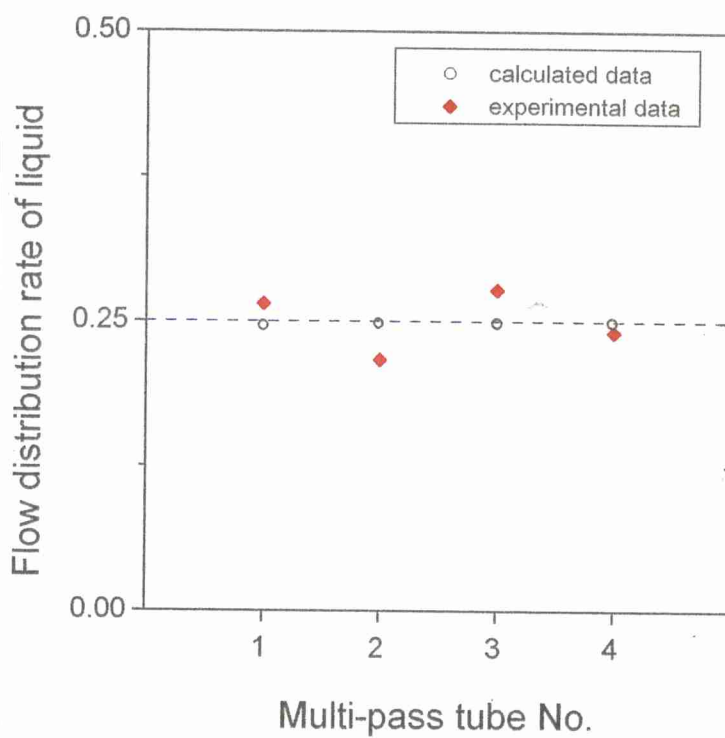
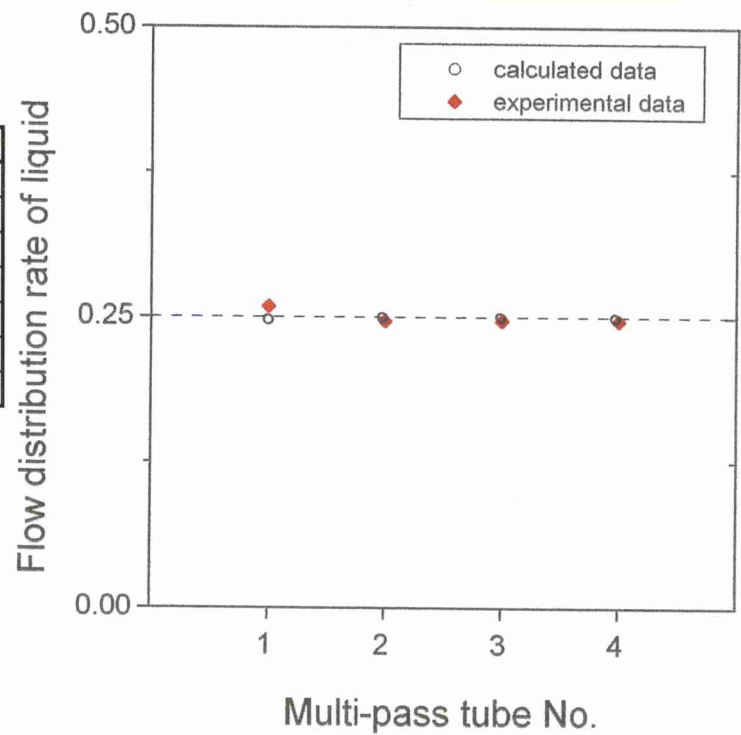


図5 単相流の場合の計算値と実験値の比較（支管高さ 1000mm）

	計 算 値	実 測 値
支 管 高 さ (mm)	800	
ヘ ッ ダ ー 辺 長 さ (mm)	40	
支 管 直 径 (mm)	10	
面 積 比	20.372	
ヘ ッ ダ 入 口 速 度 (10^{-2} m/s)	10	10.283
水 温 ($^{\circ}$ C)	22	
室 温 ($^{\circ}$ C)	24	



	計 算 値	実 測 値
支 管 高 さ (mm)	800	
ヘ ッ ダ ー 辺 長 さ (mm)	40	
支 管 直 径 (mm)	10	
面 積 比	20.372	
ヘ ッ ダ 入 口 速 度 (10^{-2} m/s)	2.5	2.538
水 温 ($^{\circ}$ C)	22	
室 温 ($^{\circ}$ C)	24	

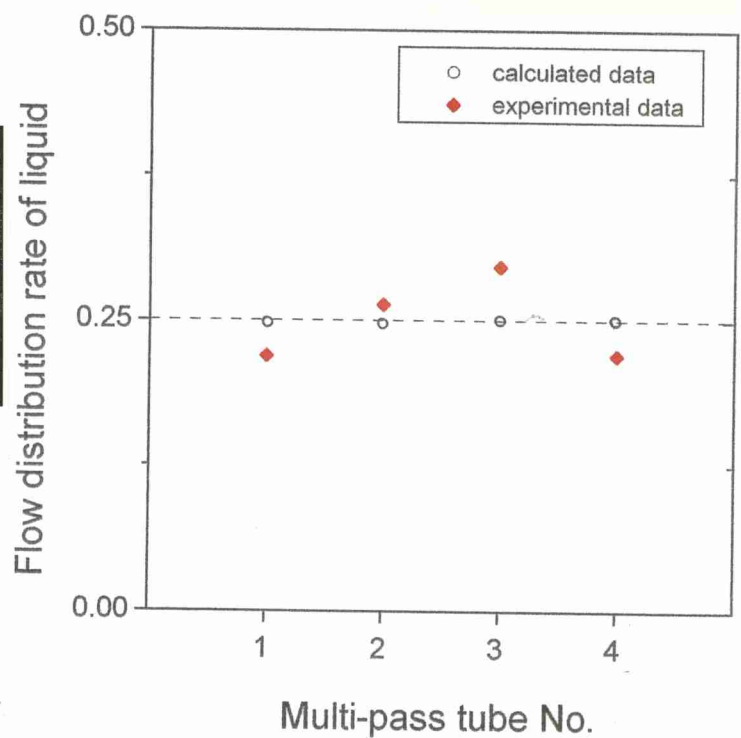
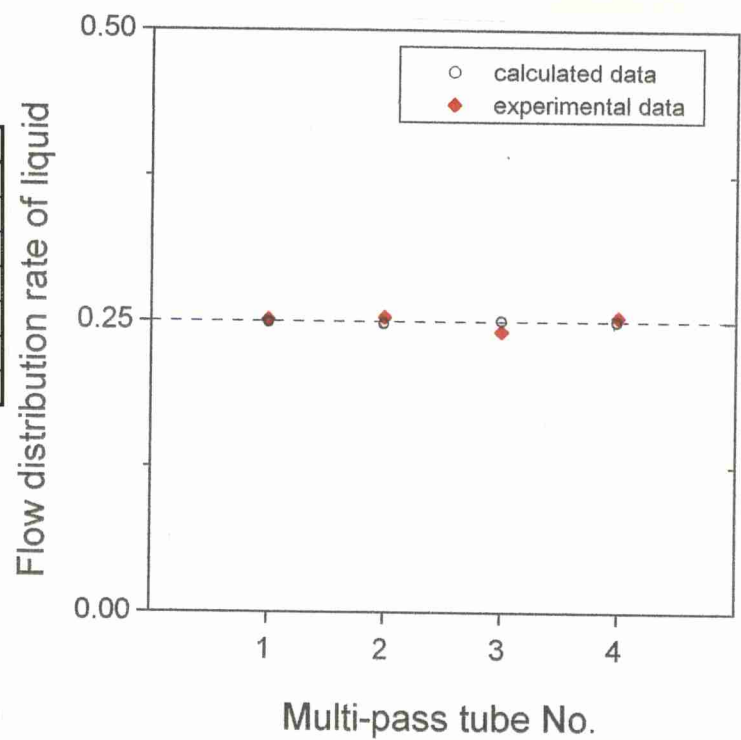


図6 单相流の場合の計算値と実験値の比較（支管高さ 800mm）

	計 算 値	実 測 値
支 管 高 さ (mm)	585	
ヘ ッ ダ ー 辺 長 さ (mm)	40	
支 管 直 径 (mm)	10	
面 積 比	20.372	
ヘ ッ ダ 入 口 速 度 (10^{-2} m/s)	10	10.549
水 温 ($^{\circ}$ C)	23.8	
室 温 ($^{\circ}$ C)	26	



	計 算 値	実 測 値
支 管 高 さ (mm)	585	
ヘ ッ ダ ー 辺 長 さ (mm)	40	
支 管 直 径 (mm)	10	
面 積 比	20.372	
ヘ ッ ダ 入 口 速 度 (10^{-2} m/s)	2.5	2.602
水 温 ($^{\circ}$ C)	23.8	
室 温 ($^{\circ}$ C)	26	

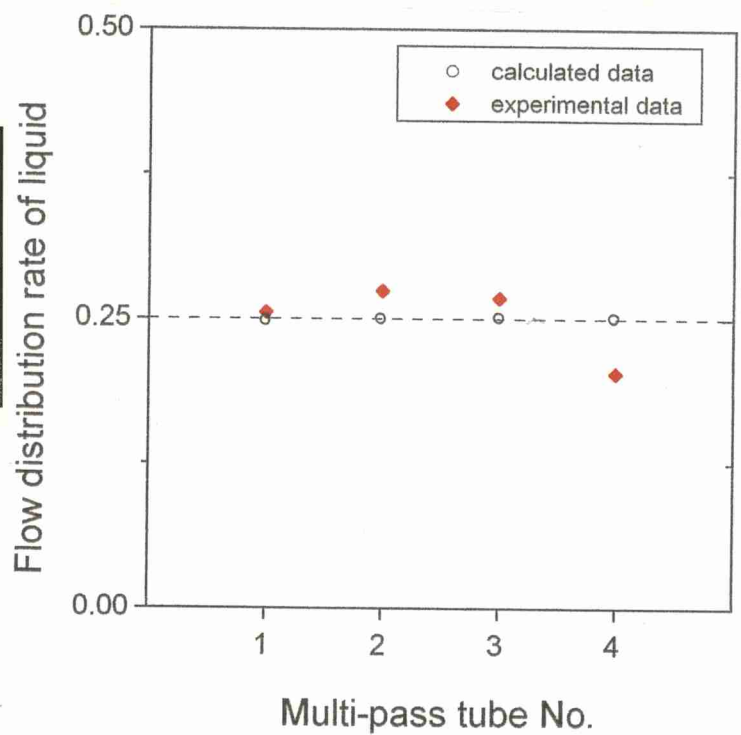


図 7 单相流の場合の計算値と実験値の比較（支管高さ 585mm）

	1		2		3	
	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値
支 管 高 さ (mm)	1000					
ヘ ッ ダ ー 辺 長 さ (mm)	40					
支 管 直 径 (mm)	10					
面 積 比	20.372					
ヘ ッ ダ 入 口 速 度 (10^{-2}m/s)	16.618	—	10.373	—	5.468	—
ポ イ ド 率 (%)	19.02	—	18.49	—	3.07	—
入 口 見 かけ 液 相 速 度 (10^{-2}m/s)	9.381		4.639		4.6863	
入 口 見 かけ 気 相 速 度 (10^{-2}m/s)	7.24		5.73		0.78	
容 積 流 量 比 β (%)	—	49.62	—	55.28	—	14.29
ヘ ッ ダ 入 口 ク オ リ テ ィ (10^{-4})	8.32		13.389		1.806	
水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	19.6		20.2		20.5	
室 温 ($^{\circ}\text{C}$)	22.2		21.2		21.2	

※ $\beta = Q_G / (Q_G + Q_L) \times 100$ Q_G : 気相体積流量 (m^3/s) Q_L : 液相体積流量 (m^3/s)

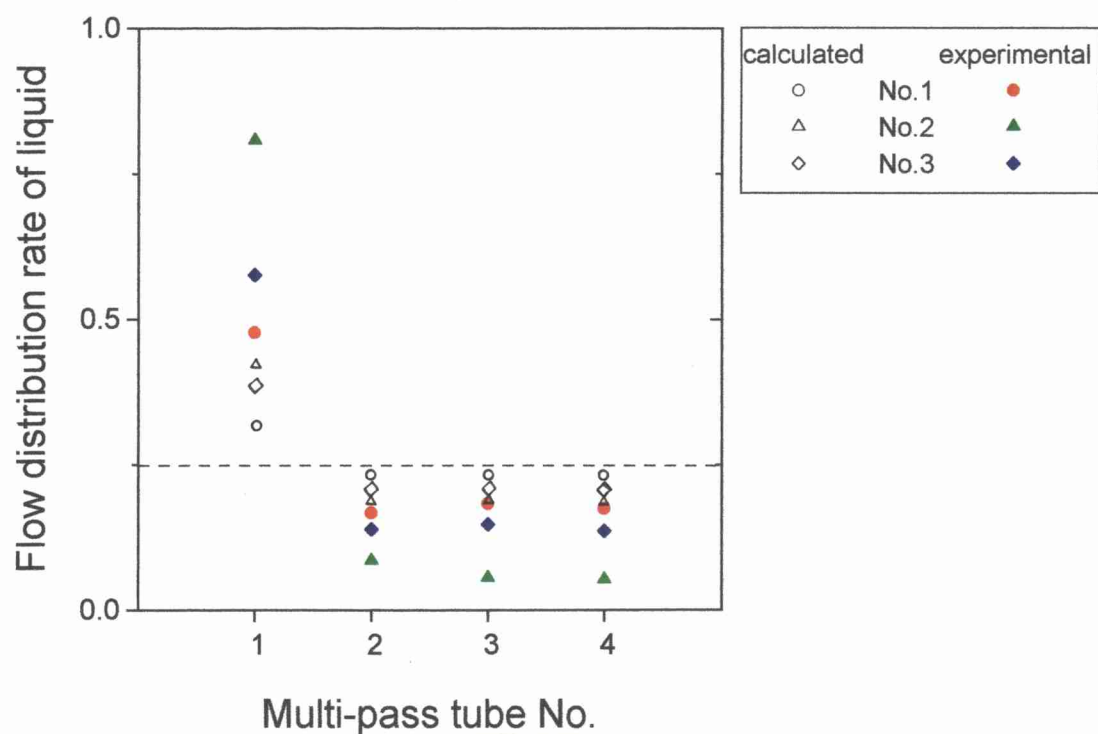


図8 気液二相流における計算値と実測値の比較（支管高さ 1000mm）

	1		2		3	
	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値
支 管 高 さ (mm)	800					
ヘ ッ ダ ー 辺 長 さ (mm)	40					
支 管 直 径 (mm)	10					
面 積 比	20.372					
ヘッダ入口速度 (10^{-2} m/s)	16.573	—	6.493	—	4.557	—
ボ イ ド 率 (%)	18.91	—	10.67	—	3.19	—
入口見かけ液相速度 (10^{-2} m/s)	9.383		3.651		3.774	
入口見かけ気相速度 (10^{-2} m/s)	7.19		2.84		0.78	
容 積 流 量 比 β (%)	—	43.39	—	43.77	—	17.19
ヘッダ入口クオリティ (10^{-4})	8.34		8.527		2.297	
水 温 ($^{\circ}$ C)	17.5		18.8		17.5	
室 温 ($^{\circ}$ C)	20.5		19.4		18.2	

※ $\beta = Q_g / (Q_g + Q_L) \times 100$ Q_g : 気相体積流量 (m^3/s) Q_L : 液相体積流量 (m^3/s)

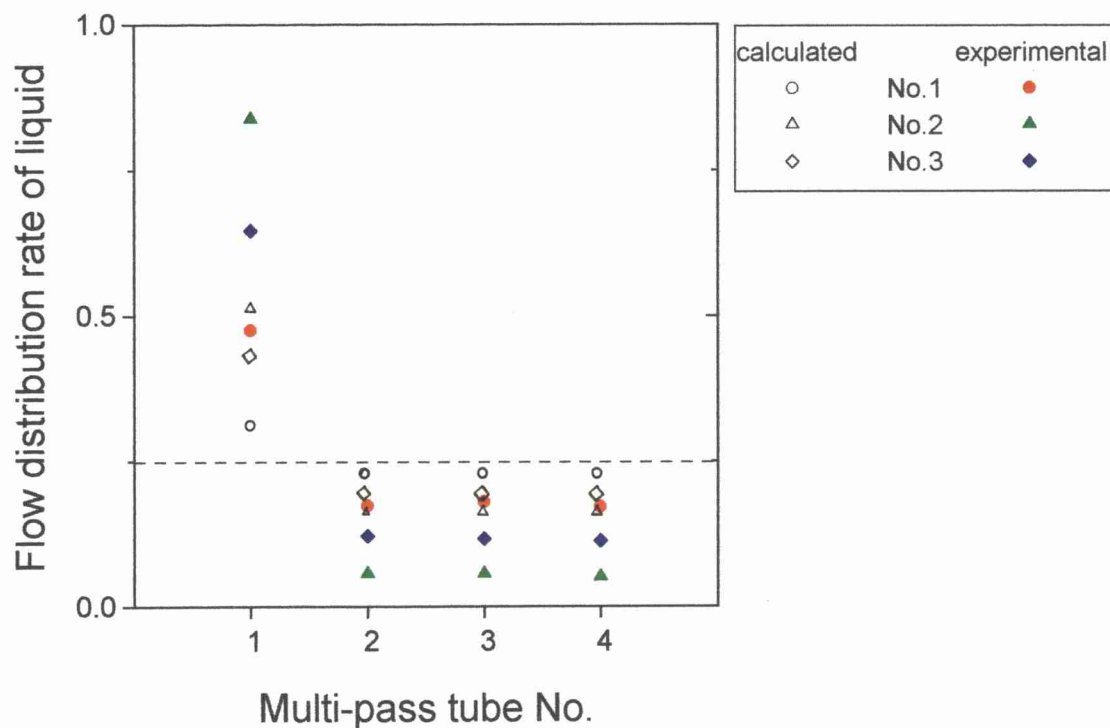


図9 気液二相流における計算値と実測値の比較 (支管高さ 800mm)

	1		2		3	
	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値
支 管 高 さ (mm)	585					
ヘ ッ ダ ー 辺 長 さ (mm)	40					
支 管 直 径 (mm)	10					
面 積 比	20.372					
ヘッダ入口速度 (10^{-2}m/s)	15.873	—	8.128	—	4.457	—
ボ イ ド 率 (%)	15.21	—	14.86	—	2.92	—
入口見かけ液相速度 (10^{-2}m/s)	10.213		3.899		3.7488	
入口見かけ気相速度 (10^{-2}m/s)	5.66		4.23		0.71	
容 積 流 量 比 β (%)	—	35.66	—	52.02	—	15.88
ヘッダ入口クオリティ (10^{-4})	6.0733		11.84		2.1251	
水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	19		18.5		15.6	
室 温 ($^{\circ}\text{C}$)	19.5		20		16	

※ $\beta = Q_g / (Q_g + Q_L) \times 100$ Q_g : 気相体積流量 (m^3/s) Q_L : 液相体積流量 (m^3/s)

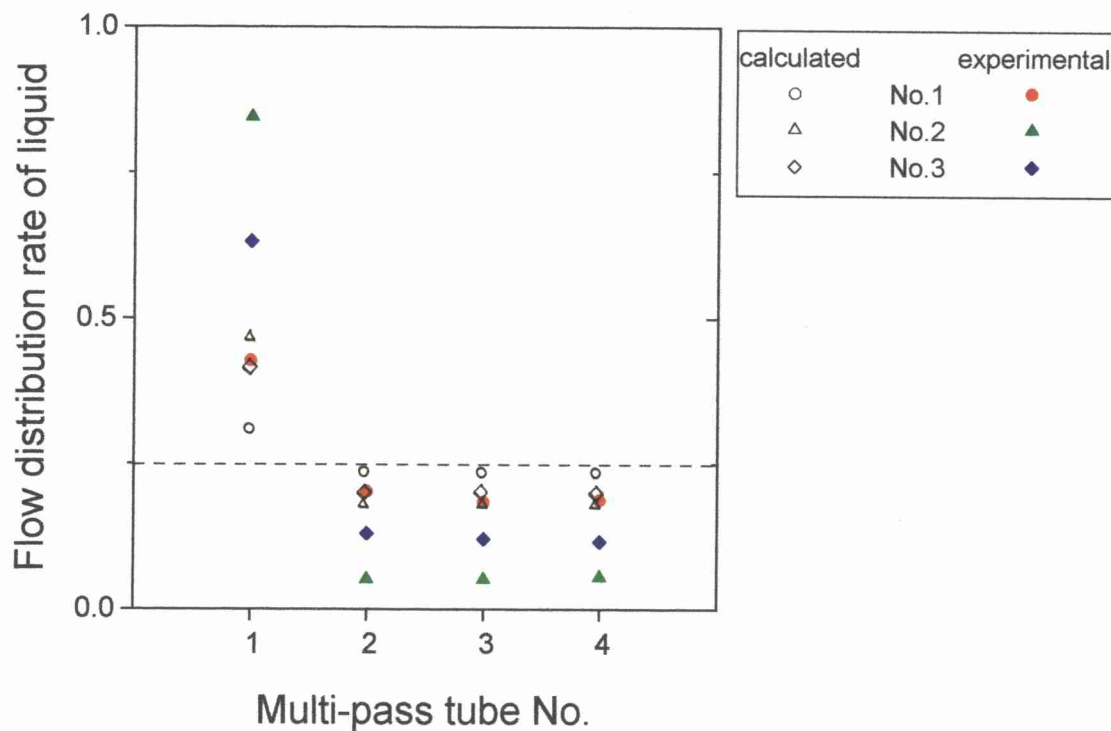


図 1 0 気液二相流における計算値と実測値の比較 (支管高さ 585mm)

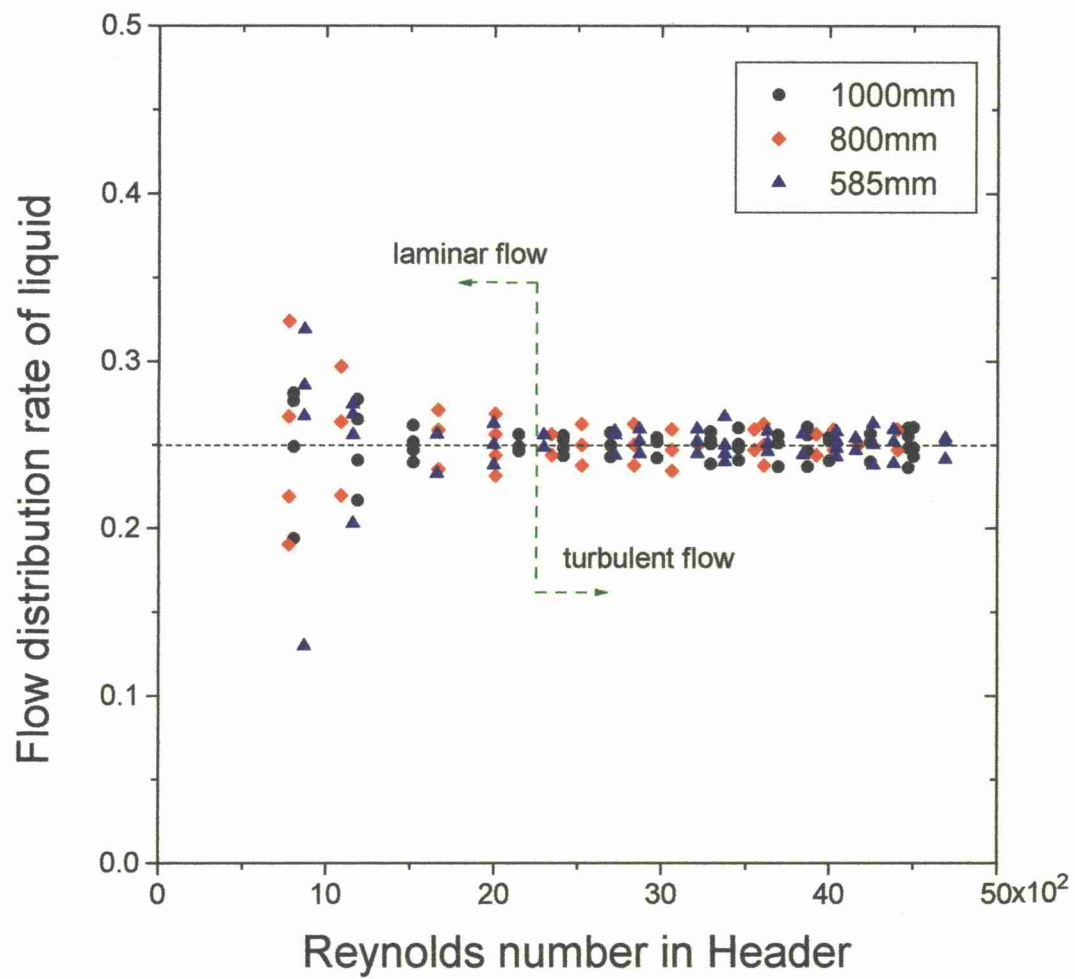


図 1 1 单相流における流量分配割合（レイノルズ数換算）

V. 結論

支管高さ及び流量を変化させた液相単相流・気液二相流の実験を行い、次のような結論を得た。

- (1) 液相単相流の実験において、支管の高さに関わらず各支管に均一に液相が分配されることがわかった。また、ヘッダ入口速度が大きい場合は支管高さ・速度の大きさに関係なく均一に分配されたが、速度が小さい場合は、若干分配が不均一になった。
 - (2) 気液二相流の実験において、気相が少しでも混入すると、1番手前の支管に液相が多く流入し、流量分配が不均一になることがわかった。また支管高さが高くなるほど、1番手前の支管に多く液相が流入することがわかった。さらに同じ高さにおいて、気相流量を増やしていくと、より多く1番手前の支管に液相が流入することがわかった。
 - (3) 液相単相流と気液二相流の場合の計算式を導き出し、実験値との比較を行った。単相流の場合は、計算値と実験値は良く一致していたものの、気液二相流の場合は今後さらに検討する必要がある。
-

VI. 参考文献

i) 渡辺、勝田、永田、佐久間

「多連分岐管における二相流の分配特性について」

日本機械学会論文集（B編）、60巻580号（1994-12）167-172

ii) 久保、植田

「管寄せの分流及び合流に関する研究」

日本機械学会論文集（B編）、34巻268号（昭和43-12）2133-2138

iii) 久保、植田

「管寄せによる気液混合物の合流に関する研究」

日本機械学会論文集（B編）、39巻317号（昭和48-1）297-304

iv) S.M.Zivi

“ Estimation of Steady-State Steam Void-Fraction by Means of the Principle of Minimum Entropy Production. ”

Journal of Heat Transfer （ MAY 1964 ） pp247-252

v) G.E.McCreery and S.Banerjee

“ PHASE SEPARATION OF DISPERSED MIST AND ANNULAR (RIVULET OR THIN FILM) FLOW IN A TEE - I . ”

Int. J. Multiphase Flow Vol.16, No.3, pp429-445, 1990

vi) M.T.Rubel, H.M.Soliman and G.E.Sims

“ PHASE DISTRIBUTION DURING STEAM-WATER FLOW. ”

Int.J. Multiphase Flow Vol.14, No.4, pp425-438, 1988

vii) S.T.Hwang, H.M.Soliman and R.T.Lahey Jr.

“ PHASE SEPARATION IN DIVIDING TWO-PHASE FLOWS. ”

Int.J. Multiphase Flow Vol.14, No.4, pp439-458, 1988

VII. 終わりに

多連分岐管における研究はまだまだ少なく、本研究も含めて、流量・クオリティの測定幅が狭いことから、今後は空気流量を多くした場合の流量分配について実験を行う必要がある。また気液二相流実験において、支管高さの変化が流量分配に影響を及ぼしていることがわかったものの、それを考慮した計算式では单相流の場合と違い流量分配の予測ができなかったことから、気液二相流の特性を考慮した計算式が必要と思われる。

また、今回試験的にテストセクション部の各支管分岐部の 65mm 手前に圧力を取り出す圧力タップ（取り出し孔直径：1mm、パイプ内径：6mm）を設け、支管分岐直前の圧力を傾斜マノメータで計測してみた。すると、液相单相流・気液二相流実験双方とも各支管直前の圧力は、計測データの通り、ほとんど差が見られなかった。しかし、気液二相流実験においては流量分配にばらつきが見られたことから、気泡が混入したことによるヘッ드의低下が、気液二相流の流動様式同様、影響を与えている要因であると十分考えられる。よって、今後正確な圧力計測によるさらなる研究が必要であろう。

最後に、この研究を進めるに当たって、終始ご指導くださいました蒸気動力工学研究室の刑部 真弘助教授、土師 生也助手、電気推進研究室の畑中 義博教授、実験装置制作及び実験にご協力くださった蒸気動力工学研究室の伊藤 次衛氏、巫 洵源氏、その他研究室の方々に心から感謝の意を表します。

VIII. 実験計測データ

次ページ以降に実験の計測データを記載する。

単相流計測データ ('96, 9, 2)

支管高さ(mm)	1000室	温(°C)	28.5
大気圧(mmHg)	754.5	動粘性係数(m ² /s)	9.676E-07
水	温(°C)	26	

	差 圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (cm)				流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$)				総 流 量 Q
			1	2	3	4	q 1	q 2	q 3	q 4	
1	718	12.3	9.8	10	10.5	10	3.7546	3.8312	4.0228	3.8312	15.4398
2	644	13	10.5	10.8	11	10	3.8062	3.9149	3.9874	3.6249	15.3334
3	604	13.5	10.7	10.5	10.5	10	3.735	3.6652	3.6652	3.4907	14.5561
4	541	14.3	10.5	10.6	10.5	10	3.4601	3.4931	3.4601	3.2954	13.7087
5	507	15	10.8	10.4	11	10	3.3929	3.2673	3.4558	3.1416	13.2576
6	450	15.7	10.8	10.8	10.6	10	3.2416	3.2416	3.1816	3.0015	12.6663
7	400	16.5	10.3	10.4	10.8	10	2.9417	2.9702	3.0845	2.856	11.8524
8	355	17.5	10.6	10.5	10.8	10	2.8544	2.8274	2.9082	2.6928	11.2828
9	300	19.1	10.4	10.4	10.5	10	2.5659	2.5659	2.5906	2.4672	10.1896
10	250	21	10.3	10.3	10.6	10	2.3113	2.3113	2.3786	2.244	9.2452
11	202	23.4	10.4	10.2	10.5	10	2.0944	2.0541	2.1145	2.0138	8.2768
12	156	26	10.1	10.1	10.4	10	1.8306	1.8306	1.885	1.8125	7.3587
13	99	36.7	10.2	9.7	10.6	10	1.3097	1.2455	1.3611	1.284	5.2003
14	50	48	11	9	11.5	10	1.0799	0.8836	1.129	0.9817	4.0742
15	24	68.6	11.1	7.8	11.3	10	0.7625	0.5358	0.7762	0.6869	2.7614
16											

表 1-1 単相流計測データ

割 合				流速 V_L (10^{-2} m/s)	ヘッド入口 レイノルズ数	分岐直前の差圧 (mmAq)			
q_1/Q	q_2/Q	q_3/Q	q_4/Q			1	2	3	4
0.2432	0.2481	0.2605	0.2481	9.6499	4501.34	475	474	477	474
0.2482	0.2553	0.26	0.2364	9.5834	4470.32	474	473	476	474
0.2566	0.2518	0.2518	0.2398	9.0976	4243.71	474	473	477	474
0.2524	0.2548	0.2524	0.2404	8.5679	3996.63	473	473	476	474
0.2559	0.2464	0.2607	0.237	8.286	3865.13	475	474	477	475
0.2559	0.2559	0.2512	0.237	7.9164	3692.72	475	474	477	475
0.2482	0.2506	0.2602	0.241	7.4078	3455.48	477	476	479	477
0.253	0.2506	0.2578	0.2387	7.0518	3289.42	480	479	481	478
0.2518	0.2518	0.2542	0.2421	6.3685	2970.68	483	482	484	481
0.25	0.25	0.2573	0.2427	5.7783	2695.38	483	482	484	481
0.253	0.2482	0.2555	0.2433	5.173	2413.02	483	481	484	481
0.2488	0.2488	0.2562	0.2463	4.5992	2145.37	482	481	483	481
0.2519	0.2395	0.2617	0.2469	3.2502	1516.1	483	482	484	482
0.2651	0.2169	0.2771	0.241	2.5464	1187.81	483	482	484	482
0.2761	0.194	0.2811	0.2488	1.7259	805.07	485	484	486	483

表 1-2 単相流計測データ

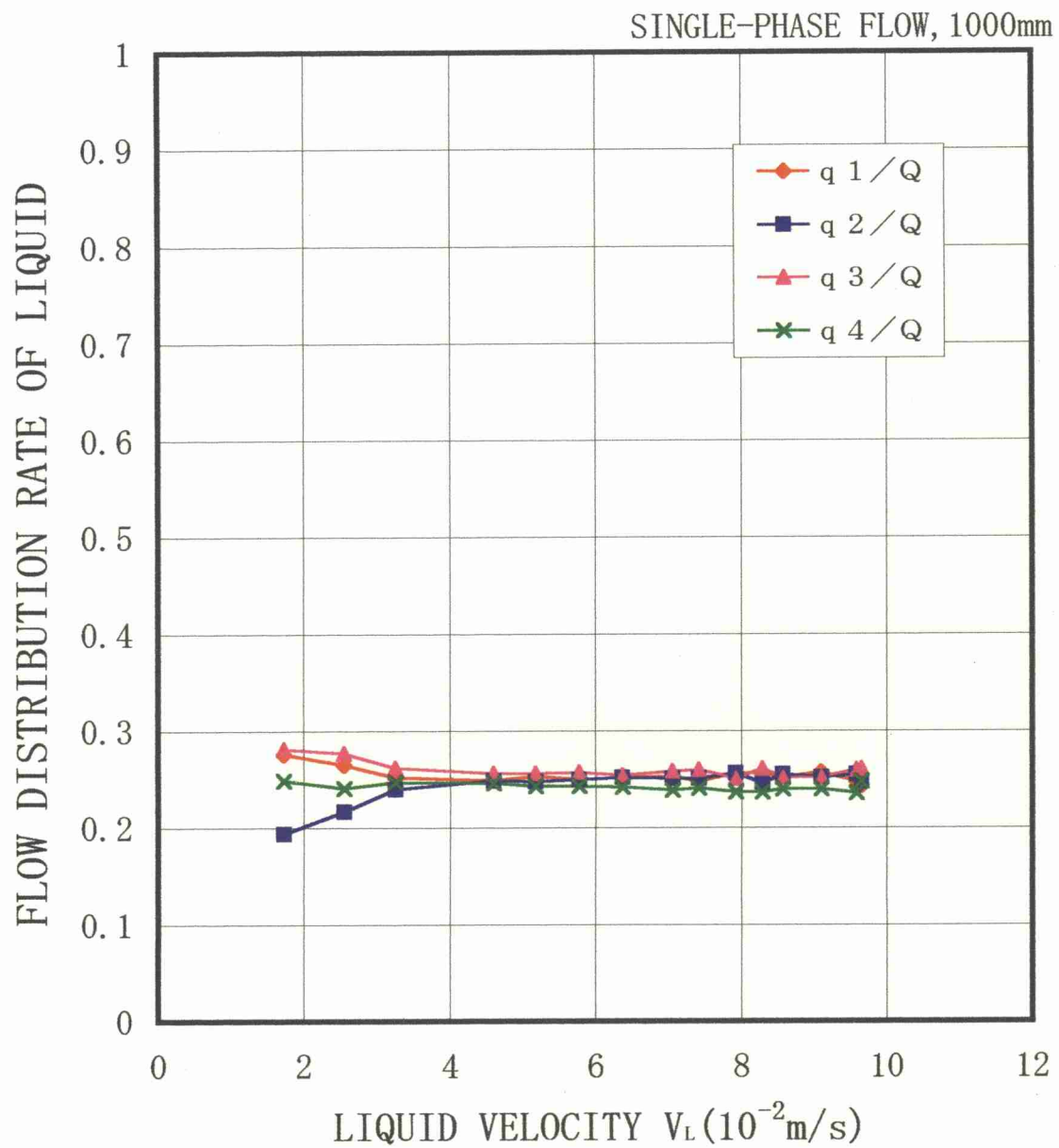


図1 2 単相流における流量分配割合 (支管高さ 1000mm)

单相流計測データ ('96, 8, 29)

支管高さ(mm)	800室	温(℃)	24
大気圧 (mmHg)	758.4	動粘性係数 (m ² /s)	1.053E-06
水	温(℃)	22	

	差 圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (cm)				流 量 (×10 ⁻⁵ m ³ /s)				総 流 量 Q
			1	2	3	4	q 1	q 2	q 3	q 4	
1	736	11.6	10.5	10	10	10	4.266	4.062	4.062	4.062	16.452
2	651	12.1	10	10	10	10	3.895	3.895	3.895	3.895	15.58
3	597	12.7	10	10.5	10	10	3.711	3.896	3.711	3.711	15.029
4	552	13.2	10	10.5	10.5	10	3.57	3.748	3.748	3.57	14.636
5	500	14	9.5	10	10.5	10	3.198	3.366	3.534	3.366	13.464
6	448	14.4	10	10.5	10	10	3.272	3.436	3.272	3.272	13.252
7	396	15.7	10	10	10	10	3.002	3.002	3.002	3.002	12.008
8	347	16.7	9.5	10.5	10.5	10	2.681	2.963	2.963	2.822	11.429
9	296	17.8	9.5	10	10.5	10	2.515	2.647	2.78	2.647	10.589
10	248	20	9.5	10	10.5	10	2.238	2.356	2.474	2.356	9.424
11	202	22.1	10	10.5	10.5	10	2.132	2.239	2.239	2.132	8.742
12	151	25.8	9.5	10.5	11	10	1.735	1.918	2.009	1.827	7.489
13	103	32.2	10	11	11.5	10	1.463	1.61	1.683	1.463	6.219
14	47	52.8	10	12	13.5	10	0.892	1.071	1.205	0.892	4.06
15	24	85.1	11.5	14	17	10	0.637	0.775	0.941	0.554	2.907
16											

表2--1 单相流計測データ

割				流速 V_L (10^{-2} m/s)	ヘッド入口 レイノルズ数	分岐直前の差圧 (mmAq)			
q_1/Q	q_2/Q	q_3/Q	q_4/Q			1	2	3	4
0.259	0.247	0.247	0.247	10.283	4406.81	325	323	326	325
0.25	0.25	0.25	0.25	9.738	4173.25	324	322	325	324
0.247	0.259	0.247	0.247	9.393	4025.4	323	322	325	323
0.244	0.256	0.256	0.244	9.148	3920.4	323	322	324	323
0.238	0.25	0.262	0.25	8.415	3606.27	321	320	323	320
0.247	0.259	0.247	0.247	8.283	3549.7	322	319	323	321
0.25	0.25	0.25	0.25	7.505	3216.29	320	318	321	319
0.235	0.259	0.259	0.247	7.143	3061.15	319	317	320	318
0.238	0.25	0.263	0.25	6.618	2836.16	317	316	318	317
0.237	0.25	0.263	0.25	5.89	2524.18	316	314	317	316
0.244	0.256	0.256	0.244	5.464	2341.61	314	312	317	315
0.232	0.256	0.268	0.244	4.681	2006.06	313	311	314	312
0.235	0.259	0.271	0.235	3.887	1665.78	313	310	314	311
0.22	0.264	0.297	0.22	2.538	1087.67	311	309	313	311
0.219	0.267	0.324	0.191	1.817	778.68	311	309	313	311

表2-2 単相流計測データ

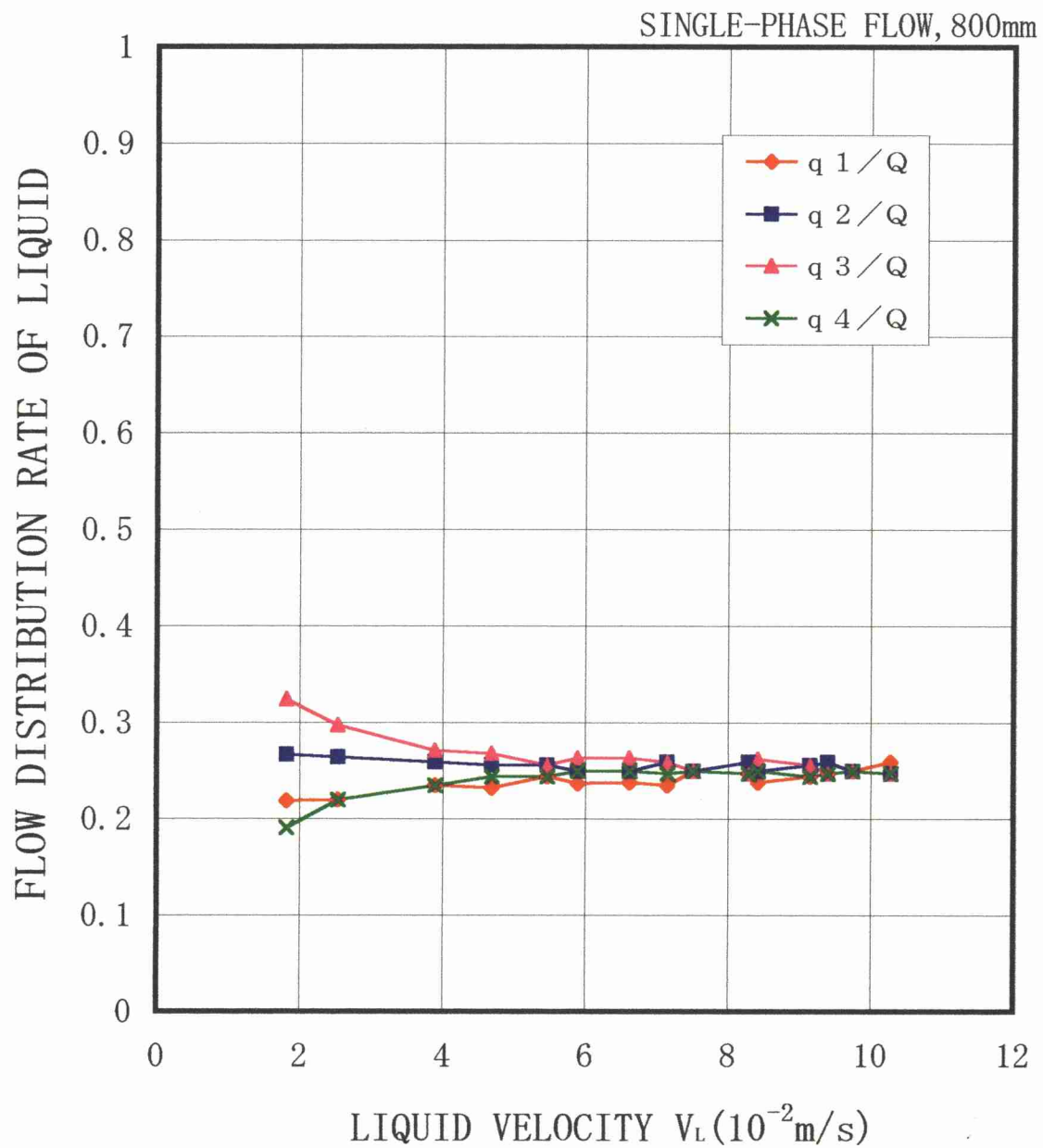


図13 単相流における流量分配割合（支管高さ 800mm）

単相流計測データ ('96, 8, 30)

支管高さ(mm)	585	室	温(°C)	26
大気圧 (mmHg)	762.7	動粘性係数(m ² /s)		1.015E-06
水	温(°C)	23.8		

	差 圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (cm)				流 量 (×10 ⁻⁵ m ³ /s)				総 流 量 Q
			1	2	3	4	q 1	q 2	q 3	q 4	
1	754	11	9.9	10	9.5	10	4.241	4.284	4.07	4.284	16.879
2	704	11.9	10	10.3	9.5	10	3.96	4.079	3.762	3.96	15.761
3	650	12.3	10	10.5	9.5	10	3.831	4.023	3.64	3.831	15.325
4	600	12.8	10.3	10.3	10	10	3.792	3.792	3.682	3.682	14.948
5	556	13.1	10.2	10.4	9.8	10	3.669	3.741	3.525	3.597	14.532
6	506	14	10.5	10.5	10	10	3.534	3.534	3.366	3.366	13.8
7	454	14.7	10.2	10.5	10	10	3.27	3.366	3.206	3.206	13.048
8	400	15.9	10.2	10.9	9.8	10	3.023	3.231	2.904	2.964	12.122
9	354	16.7	10.3	10.6	10	10	2.906	2.991	2.822	2.822	11.541
10	296	18.7	10.3	10.6	10	10	2.596	2.671	2.52	2.52	10.307
11	251	19.8	10.6	10.5	10	10	2.523	2.499	2.38	2.38	9.782
12	196	23	10	10.3	10	10	2.049	2.11	2.049	2.049	8.257
13	147	26.3	10	10.5	9.5	10	1.792	1.881	1.702	1.792	7.167
14	102	34	11	11	11	10	1.525	1.525	1.525	1.386	5.961
15	49	55.8	12.6	13.5	13.2	10	1.064	1.14	1.115	0.845	4.164
16	27	116.2	20.6	24.6	22	10	0.835	0.998	0.892	0.406	3.131

表3-1 単相流計測データ

割				流速 V_L (10^{-2} m/s)	ヘッド入口 レイノルズ数	分岐直前の差圧 (mmAq)			
q_1/Q	q_2/Q	q_3/Q	q_4/Q			1	2	3	4
0.251	0.254	0.241	0.254	10.549	4692.42	385	384	386	384
0.251	0.259	0.239	0.251	9.851	4381.94	384	383	386	384
0.25	0.263	0.238	0.25	9.578	4260.5	384	383	385	383
0.254	0.254	0.246	0.246	9.343	4155.97	384	383	385	383
0.252	0.257	0.243	0.248	9.083	4040.32	383	381	384	382
0.256	0.256	0.244	0.244	8.625	3836.59	382	381	383	382
0.251	0.258	0.246	0.246	8.155	3627.52	381	379	382	381
0.249	0.267	0.24	0.245	7.576	3369.97	380	378	382	379
0.252	0.259	0.245	0.245	7.213	3208.5	380	378	382	379
0.252	0.259	0.244	0.244	6.442	2865.54	379	378	381	379
0.258	0.255	0.243	0.243	6.114	2719.64	379	377	380	378
0.248	0.256	0.248	0.248	5.161	2295.72	377	376	378	378
0.25	0.262	0.237	0.25	4.479	1992.36	376	374	377	376
0.256	0.256	0.256	0.233	3.726	1657.41	375	374	377	376
0.256	0.274	0.268	0.203	2.603	1157.87	376	374	377	375
0.267	0.319	0.285	0.13	1.957	870.52	377	375	377	376

表3-2 単相流計測データ

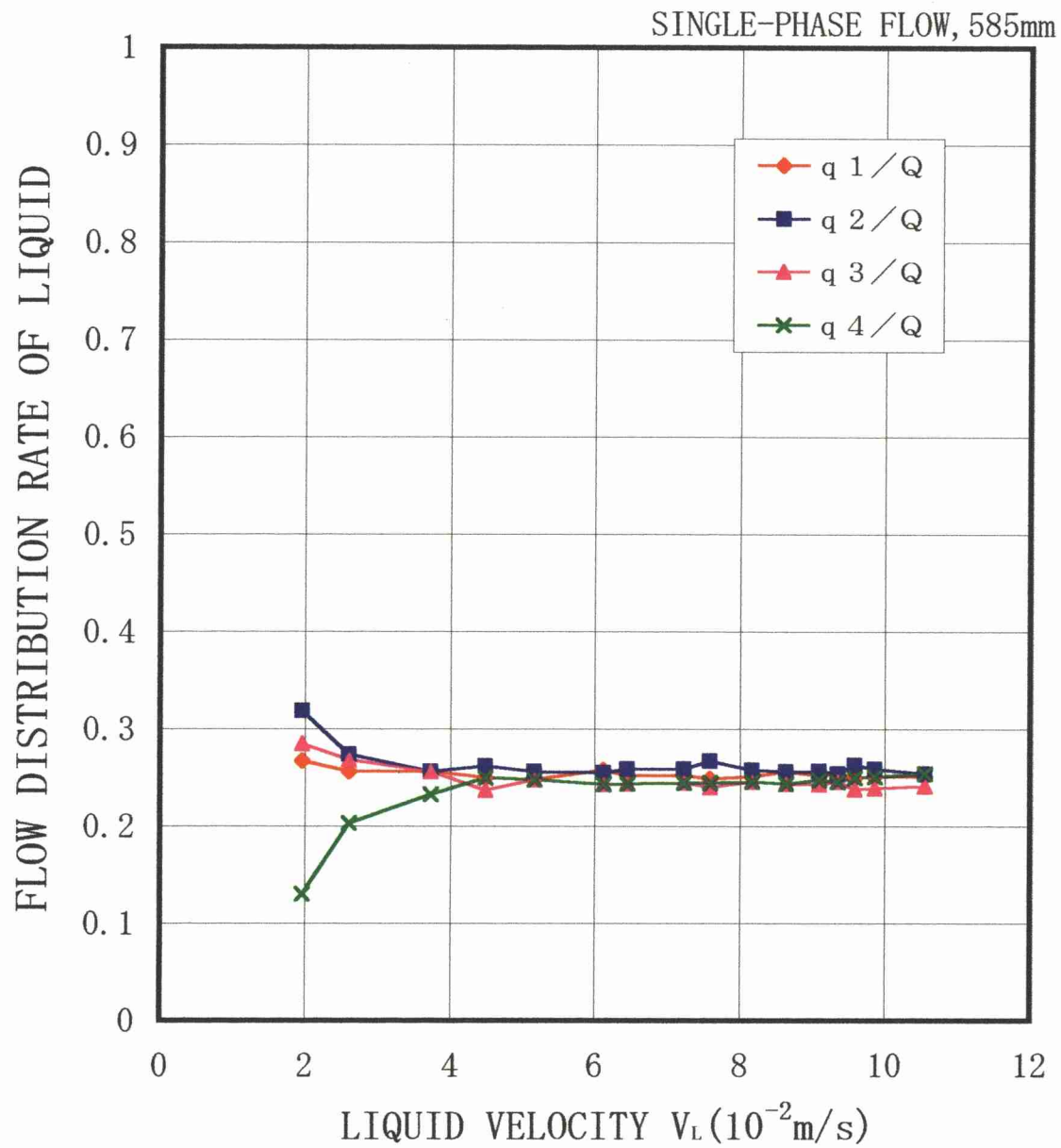


図1 4 単相流における流量分配割合（支管高さ 585mm）

二相流計測データ ('96, 9, 2)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	1000	水側の差圧 (mmHg)	時間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (\text{m/s})$
大気圧 (mmHg)	763.2	715	18	1	2	3	4	15.053	9.408
室温 (°C)	22.2	650	17.8	26.7	10	10	10	15.01	9.381
水温 (°C)	19.6	600	21.2	31.6	9.9	11.5	10	14.004	8.753
空気流量 (Nl/min)	5	552	10.3	16.6	3.8	5.5	5	14.138	8.836
空気圧力 (kg/cm ²)	0.15	503	22.5	34.2	9.1	10.5	10	13.362	8.351
換算空気流量 (l/s)	0.116	452	13	20.2	4.9	5.6	5	12.94	8.088
空気密度 (kg/m ³)	1.077	404	13.9	21.4	5.2	5.2	5	12.476	7.798
水密度 (kg/m ³)	998.26	353	17.6	27.4	3.4	3.8	5	10.602	6.626
気相見かけ速度 $j_g (\text{m/s})$	0.073	305	21.4	31.3	5.8	6	5	10.591	6.619
		256	24.2	34.9	5.5	5.3	5	9.873	6.171
		201	14.5	20.1	2.5	1.8	2	8.579	5.362

表 4-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾斜マノメータ高さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
7.173	2.513	2.749	2.618	0.477	0.167	0.183	0.174	43.52	8.364	310	315	325	315
7.069	2.647	2.647	2.647	0.471	0.176	0.176	0.176	43.59	8.388	315	320	325	325
7.024	2.201	2.556	2.223	0.502	0.157	0.183	0.159	45.31	8.99	315	320	325	320
7.595	1.739	2.516	2.288	0.537	0.123	0.178	0.162	45.07	8.905	320	325	330	325
7.163	1.906	2.199	2.094	0.536	0.143	0.165	0.157	46.47	9.422	325	330	335	330
7.322	1.776	2.03	1.812	0.566	0.137	0.157	0.14	47.27	9.728	325	330	330	325
7.255	1.763	1.763	1.695	0.582	0.141	0.141	0.136	48.18	10.09	325	330	330	325
7.336	0.91	1.017	1.339	0.692	0.086	0.096	0.126	52.25	11.872	320	325	330	325
6.892	1.277	1.321	1.101	0.651	0.121	0.125	0.104	52.27	11.885	320	325	325	320
6.796	1.071	1.032	0.974	0.688	0.108	0.105	0.099	54.02	12.746	315	320	325	320
6.532	0.812	0.585	0.65	0.761	0.095	0.068	0.076	57.49	14.667	310	315	315	310

表 4-2 二相流計測データ

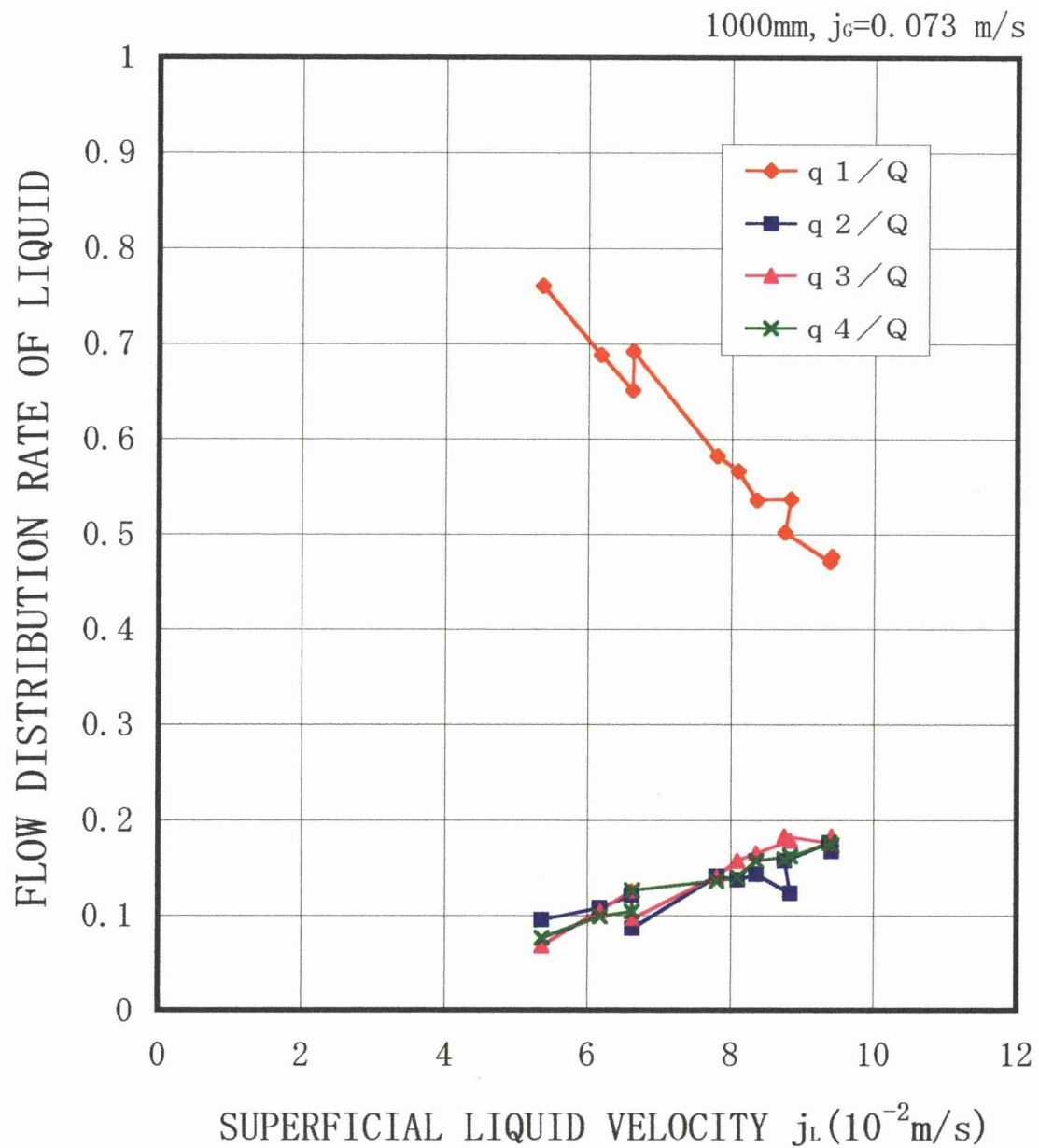


図15 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 1000mm)

二 相 流 計 測 デ ー タ (' 9 6 , 1 0 , 9)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	1000	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (10^{-2} \text{m/s})$
大気圧(mmHg)	762.8			1	2	3	4		
室温(°C)	21.2		15.9	23	10.1	10	10	15.738	9.836
水温(°C)	20.2		8.9	14	4.5	4.7	5	14.932	9.333
空気流量(Nl/min)	4		8.7	12.5	3.1	5.2	5	13.975	8.734
空気圧力(kg/cm ²)	0.12		10	15	4.4	5.2	5	13.948	8.718
換算空気流量(l/s)	0.092		10.3	16	4.9	4.8	5	14.046	8.779
空気密度(kg/m ³)	1.083		12.7	19.5	5.1	5.4	5	12.987	8.117
水密度(kg/m ³)	998.15		14.4	22	5	5.1	5	12.14	7.588
気相見かけ速度 j_G (m/s)	0.058		16.6	24.5	5.1	5.2	5	11.298	7.061
			20.2	29	4.9	5.2	5	10.287	6.429
			20.8	30.5	4.2	4.1	4	9.697	6.061
			18.3	27	2.3	2.1	2	8.601	5.376
			24	30.5	3.2	2.1	2	7.422	4.639

表 5-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
6.817	2.993	2.964	2.964	0.433	0.19	0.188	0.188	36.89	6.394	340	341	343	343
7.413	2.383	2.489	2.647	0.496	0.16	0.167	0.177	38.12	6.738	335	336	337	338
6.771	1.679	2.817	2.708	0.485	0.12	0.202	0.194	39.7	7.2	340	341	342	340
7.069	2.073	2.45	2.356	0.507	0.149	0.176	0.169	39.74	7.213	345	345	347	338
7.32	2.242	2.196	2.288	0.521	0.16	0.156	0.163	39.58	7.163	335	335	337	336
7.236	1.892	2.004	1.855	0.557	0.146	0.154	0.143	41.47	7.747	335	335	337	335
7.199	1.636	1.669	1.636	0.593	0.135	0.137	0.135	43.11	8.287	330	330	332	334
6.955	1.448	1.476	1.419	0.616	0.128	0.131	0.126	44.88	8.904	330	330	331	332
6.765	1.143	1.213	1.166	0.658	0.111	0.118	0.113	47.21	9.779	335	335	337	332
6.91	0.952	0.929	0.906	0.713	0.098	0.096	0.093	48.68	10.372	330	330	332	330
6.953	0.592	0.541	0.515	0.808	0.069	0.063	0.06	51.68	11.692	320	320	322	324
5.989	0.628	0.412	0.393	0.807	0.085	0.056	0.053	55.35	13.547	320	320	322	320

表 5-2 三相流計測データ

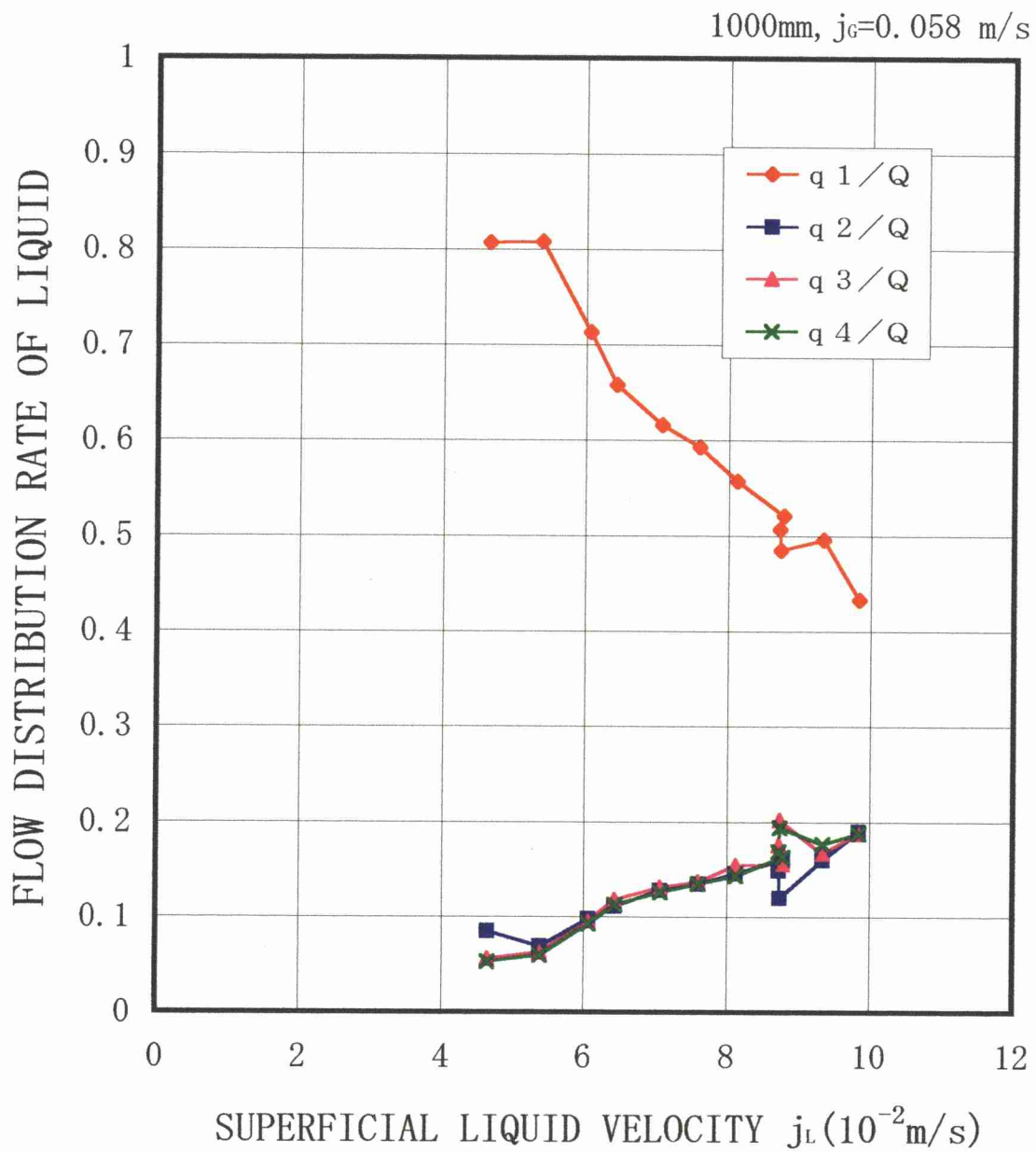


図1 6 気液二相流における流量分配割合（支管高さ1000mm）

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)					水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4		q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
7.161	3.133	3.159	2.633		0.445	0.195	0.196	0.164	30.02	4.682	395	397	400	394
7.279	2.24	2.893	2.333		0.494	0.152	0.196	0.158	31.88	5.108	393	395	398	390
7.226	2.648	2.693	2.244		0.488	0.179	0.182	0.152	31.78	5.085	390	392	393	389
7.093	2.53	2.48	2.48		0.486	0.173	0.17	0.17	32.12	5.165	390	392	393	388
7.233	2.265	2.009	1.827		0.542	0.17	0.151	0.137	34.1	5.648	388	389	390	386
6.994	1.982	1.87	1.87		0.55	0.156	0.147	0.147	35.18	5.922	388	389	390	385
7.069	1.749	1.785	1.785		0.571	0.141	0.144	0.144	35.77	6.079	387	388	389	384
7.264	1.501	1.501	1.501		0.617	0.128	0.128	0.128	36.96	6.4	386	387	389	382
7.069	1.152	1.204	1.047		0.675	0.11	0.115	0.1	39.72	7.191	382	383	384	382
7.366	0.915	0.961	0.915		0.725	0.09	0.095	0.09	40.45	7.414	380	381	382	380
6.77	0.716	0.656	0.597		0.775	0.082	0.075	0.068	44.12	8.615	380	380	382	378
6.722	0.29	0.246	0.223		0.899	0.039	0.033	0.03	47.98	10.062	375	375	376	372

表 6-2 二相流計測データ

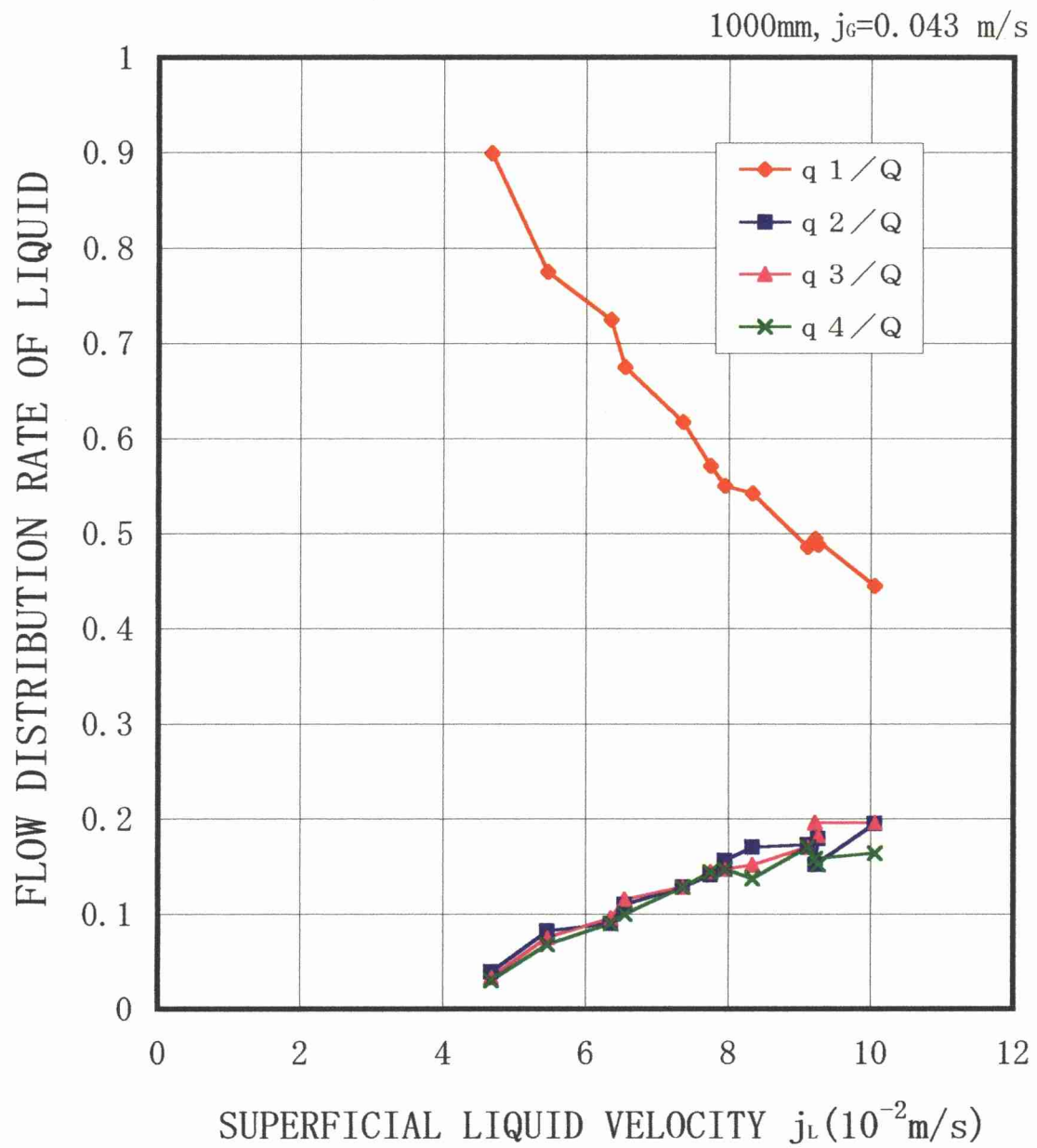


図17 気液二相流における流量分配割合（支管高さ 1000mm）

二 相 流 計 測 デ ー タ (' 9 6 , 1 0 , 1 5)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

	支管高さ (mm)	1000	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L(\text{m/s})$
					1	2	3	4		
大気圧(mmHg)		754.5								
室温(°C)		21								
水温(°C)		20								
空気流量(Nl/min)		2.1								
空気圧力(kg/cm ²)		0.1								
換算空気流量(l/s)		0.048								
空気密度(kg/m ³)		1.085								
水密度(kg/m ³)		998.2								
気相見かけ速度 $j_G(\text{m/s})$		0.03								
1			717	7.3	10.6	5.1	5.3	5	16.784	10.49
2			649	8.5	12.5	5.2	5.4	5	15.579	9.737
3			600	8.9	13.2	5	5.5	5	15.195	9.497
4			552	9.5	14.3	5.1	5	5	14.583	9.114
5			505	10.4	14.6	5.1	5.3	5	13.594	8.496
6			453	10.9	15.5	4.9	5	5	13.143	8.214
7			403	13.1	16.9	4.9	5.5	5	11.619	7.262
8			354	14.7	14.5	5	5.4	5	9.585	5.991
9			295	14.4	19.8	3.6	4.5	4	10.44	6.525
10			252	16.8	23	4.3	4.5	4	10.041	6.276
11			198	12.9	17.7	1.5	2.3	2	8.585	5.366
12			149	14.4	19.2	0.9	1.3	1	7.33	4.581
13										
14										
15										
16										

表 7-1 二相流計測データ

流 量 (×10 ⁻⁵ m ³ /s)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	×10 ⁻⁴	1	2	3	4
6.843	3.292	3.421	3.228	0.408	0.196	0.204	0.192	22.24	3.108	373	376	376	373
6.93	2.883	2.994	2.772	0.445	0.185	0.192	0.178	23.55	3.348	370	372	373	369
6.989	2.647	2.912	2.647	0.46	0.174	0.192	0.174	24.01	3.432	369	370	372	368
7.093	2.53	2.48	2.48	0.486	0.173	0.17	0.17	24.76	3.577	367	368	369	367
6.615	2.311	2.402	2.266	0.487	0.17	0.177	0.167	26.1	3.837	366	367	368	364
6.701	2.118	2.162	2.162	0.51	0.161	0.164	0.164	26.75	3.968	365	365	367	363
6.079	1.763	1.978	1.799	0.523	0.152	0.17	0.155	29.23	4.488	363	363	365	363
4.648	1.603	1.731	1.603	0.485	0.167	0.181	0.167	33.37	5.44	362	361	363	360
6.48	1.178	1.473	1.309	0.621	0.113	0.141	0.125	31.5	4.995	359	359	362	360
6.451	1.206	1.262	1.122	0.642	0.12	0.126	0.112	32.34	5.193	359	358	361	358
6.466	0.548	0.84	0.731	0.753	0.064	0.098	0.085	35.86	6.073	356	355	358	357
6.283	0.295	0.425	0.327	0.857	0.04	0.058	0.045	39.57	7.113	353	352	356	351

表 7-2 二相流計測データ

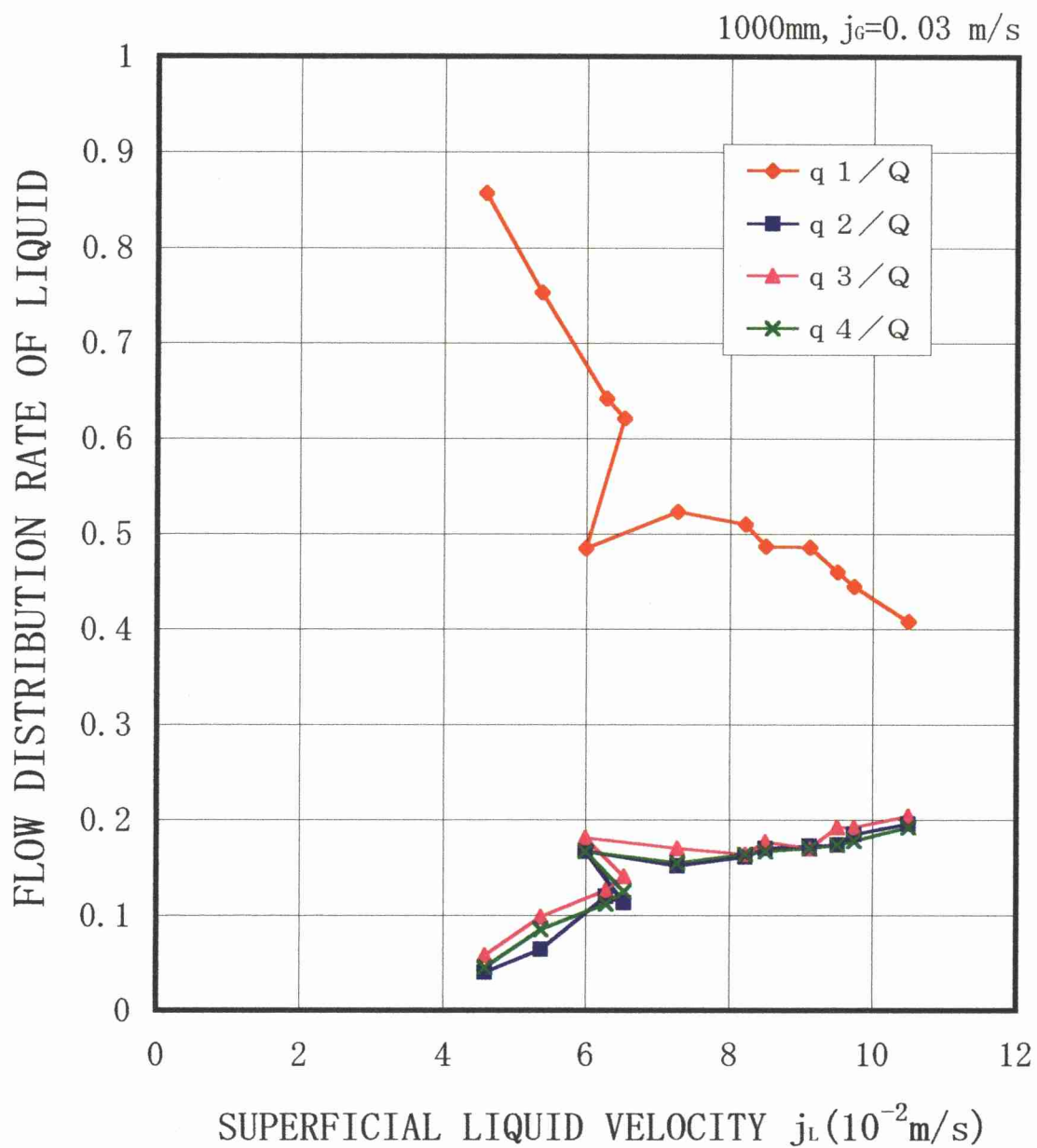


図18 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 1000mm)

二 相 流 計 測 デ ー タ (' 9 6 , 1 0 , 1 5)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	1000	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (10^{-2} \text{ m/s})$
				1	2	3	4		
大気圧(mmHg)	754.5	715	13.7	18.5	9.7	9.8	10	16.511	10.319
室温(℃)	22.5	652	14.9	19.3	10.2	10.1	10	15.687	9.804
水温(℃)	20.5	600	16	20.3	10.3	10.2	10	14.962	9.351
空気流量(Nl/min)	0.9	548	16.8	21.2	10.3	10	10	14.446	9.029
空気圧力(kg/cm ²)	0.1	500	18.1	22.3	10.3	10.3	10	13.774	8.609
換算空気流量(l/s)	0.02	448	19.4	23.4	10	10.1	10	12.995	8.122
空気密度(kg/m ³)	1.075	397	21.5	25.5	9.9	9.9	10	12.121	7.576
水密度(kg/m ³)	998.075	352	12.2	14.7	5.1	5.2	5	11.588	7.243
気相見かけ速度j _g (m/s)	0.013	304	14.2	16.8	5.1	5.1	5	10.618	6.636
		248	16.8	19.3	4.8	5.2	5	9.621	6.013
		200	22.3	26	4.1	5.4	5	8.558	5.349
		153	14	16.1	1.6	2.2	2	7.372	4.608
		100	22.4	25	0.8	1.3	1	5.91	3.694

表 8-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
6.363	3.337	3.371	3.44	0.385	0.202	0.204	0.208	10.8	1.357	368	368	370	367
6.104	3.226	3.194	3.163	0.389	0.206	0.204	0.202	11.31	1.428	368	366	369	366
5.979	3.034	3.004	2.945	0.4	0.203	0.201	0.197	11.79	1.497	366	363	367	364
5.947	2.889	2.805	2.805	0.412	0.2	0.194	0.194	12.16	1.551	363	362	366	362
5.806	2.682	2.682	2.604	0.422	0.195	0.195	0.189	12.68	1.626	362	362	364	361
5.684	2.429	2.453	2.429	0.437	0.187	0.189	0.187	13.34	1.724	362	360	363	360
5.589	2.17	2.17	2.192	0.461	0.179	0.179	0.181	14.16	1.848	360	358	363	358
5.678	1.97	2.009	1.931	0.49	0.17	0.173	0.167	14.72	1.933	358	358	360	358
5.575	1.692	1.692	1.659	0.525	0.159	0.159	0.156	15.85	2.11	358	356	359	356
5.414	1.346	1.459	1.402	0.563	0.14	0.152	0.146	17.21	2.328	356	356	358	356
5.494	0.866	1.141	1.057	0.642	0.101	0.133	0.124	18.94	2.617	356	354	357	354
5.419	0.539	0.741	0.673	0.735	0.073	0.101	0.091	21.34	3.038	354	354	356	352
5.259	0.168	0.273	0.21	0.89	0.028	0.046	0.036	25.28	3.789	354	354	356	356

表 8-2 二相流計測データ

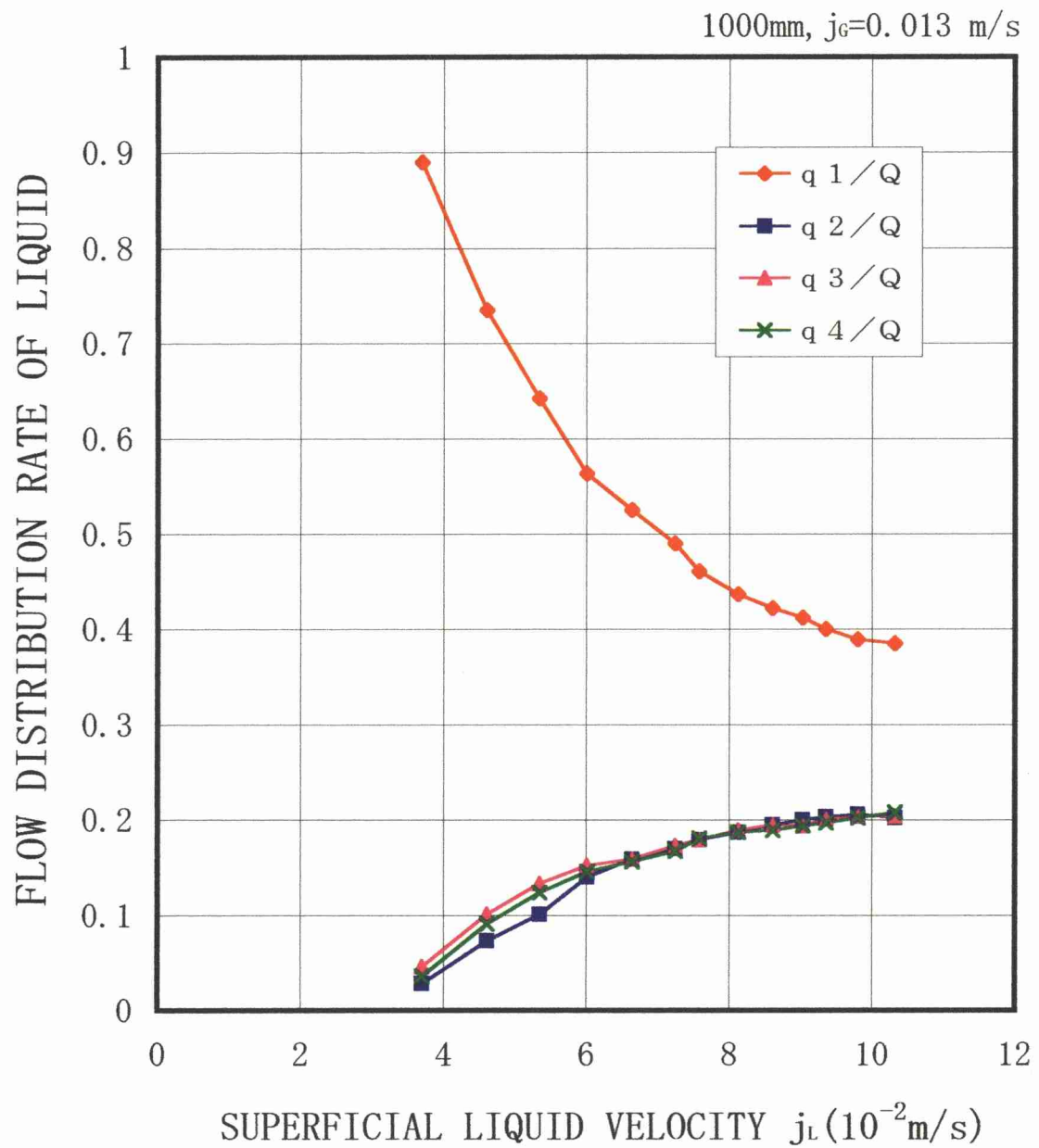


図19 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 1000mm)

流量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水の流量分配割合				容積流量割合	傾斜	傾斜マノメータ高さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\alpha \times 10^{-4}$	1	2	3	4
5.36	3.777	3.597	3.597	0.328	0.231	0.22	0.22	7.37	0.85	406	408	408	409
5.515	3.491	3.491	3.491	0.345	0.218	0.218	0.218	7.52	0.869	405	406	406	407
5.215	3.33	2.985	3.142	0.355	0.227	0.203	0.214	8.14	0.947	402	403	403	406
4.977	3.24	2.945	2.945	0.353	0.23	0.209	0.209	8.44	0.984	402	403	403	404
5.007	2.999	2.945	2.677	0.367	0.22	0.216	0.196	8.71	1.019	400	401	401	403
4.915	2.838	2.66	2.534	0.38	0.219	0.205	0.196	9.12	1.073	399	400	401	403
4.8	2.466	2.466	2.202	0.402	0.207	0.207	0.185	9.82	1.164	397	398	398	399
4.778	2.301	2.411	2.192	0.409	0.197	0.206	0.188	10.01	1.189	397	398	399	400
4.478	1.975	2.092	1.955	0.426	0.188	0.199	0.186	11.02	1.322	395	396	397	397
4.563	1.842	1.709	1.659	0.467	0.188	0.175	0.17	11.74	1.421	394	394	395	396
4.195	1.379	1.523	1.437	0.492	0.162	0.178	0.168	13.22	1.627	394	394	394	395
4.323	1.045	1.106	1.024	0.577	0.139	0.148	0.137	14.78	1.852	394	394	394	396

表 9-2 二相流計測データ

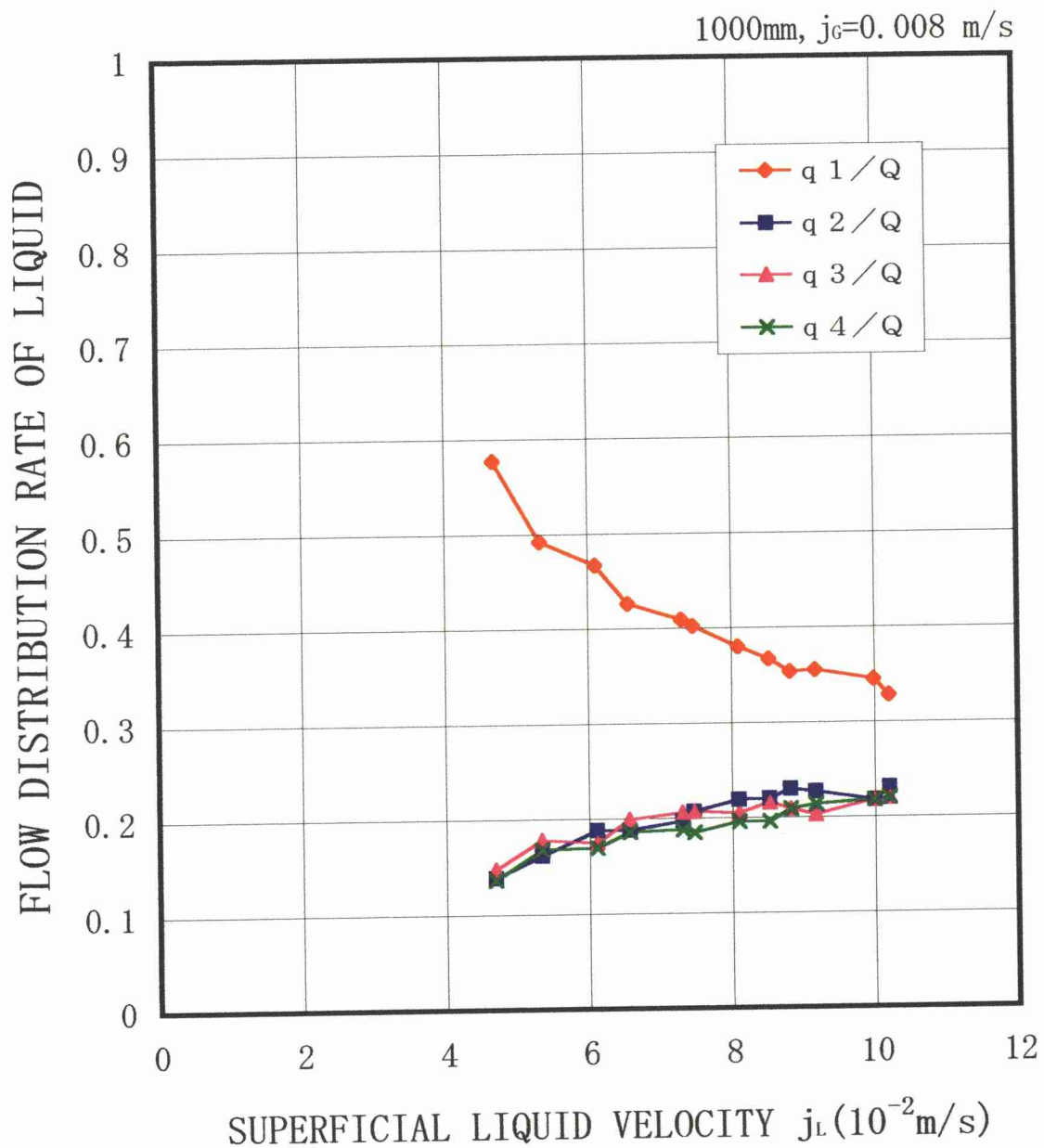


図20 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 1000mm)

二 相 流 計 測 デ ー タ (' 9 6 , 1 0 , 1 8)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	800	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)			水の総流量 Q ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (10^{-2} \text{ m/s})$
				1	2	3		
大気圧(mmHg)	765.7							
室温(℃)	20.5	722	15.3	23.3	10.3	10.2	16.57	10.356
水温(℃)	17.5	655	16.6	25.1	10.9	10	15.897	9.936
空気流量(Nl/min)	5	598	18.3	27.7	10.1	10.5	15.013	9.383
空気圧力(kg/cm ²)	0.12	549	18.8	27.9	10.6	9.8	14.613	9.133
換算空気流量(l/s)	0.115	501	21.2	31	10.6	10.4	13.782	8.614
空気密度(kg/m ³)	1.088	450	22.6	32.3	10.5	10.2	13.136	8.21
水密度(kg/m ³)	998.575	405	26	36.5	11.4	10.4	12.378	7.736
気相見かけ速度 $j_G (\text{m/s})$	0.072	355	14	20.1	5.4	4.9	11.916	7.448
		305	17.7	24.4	6	5.3	10.835	6.772
		247	23.5	32.8	5.3	5.4	9.726	6.079
		204	22.3	29.8	4.1	4.3	8.917	5.573
		154	15.7	17.4	2.9	2.1	7.323	4.577
		100	18.3	20	1.6	1.2	6.154	3.846

表 10-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
7.176	3.172	3.142	3.08	0.433	0.191	0.19	0.186	40.97	7.569	175	175	176	175
7.125	3.094	2.839	2.839	0.448	0.195	0.179	0.179	41.98	7.889	174	173	174	172
7.133	2.601	2.704	2.575	0.475	0.173	0.18	0.172	43.37	8.354	172	172	173	171
6.993	2.657	2.456	2.507	0.479	0.182	0.168	0.172	44.04	8.582	172	172	173	172
6.891	2.356	2.312	2.223	0.5	0.171	0.168	0.161	45.49	9.099	170	169	170	169
6.735	2.189	2.127	2.085	0.513	0.167	0.162	0.159	46.68	9.546	170	170	171	169
6.615	2.066	1.885	1.812	0.534	0.167	0.152	0.146	48.16	10.13	169	169	170	169
6.766	1.818	1.649	1.683	0.568	0.153	0.138	0.141	49.11	10.522	168	168	169	168
6.496	1.597	1.411	1.331	0.6	0.147	0.13	0.123	51.49	11.571	168	167	168	168
6.577	1.063	1.083	1.003	0.676	0.109	0.111	0.103	54.18	12.888	168	168	169	168
6.297	0.866	0.909	0.845	0.706	0.097	0.102	0.095	56.33	14.057	168	168	169	168
5.223	0.87	0.63	0.6	0.713	0.119	0.086	0.082	61.1	17.11	167	167	167	166
5.15	0.412	0.309	0.283	0.837	0.067	0.05	0.046	65.14	20.356	166	166	167	165

表 10-2 二相流計測データ

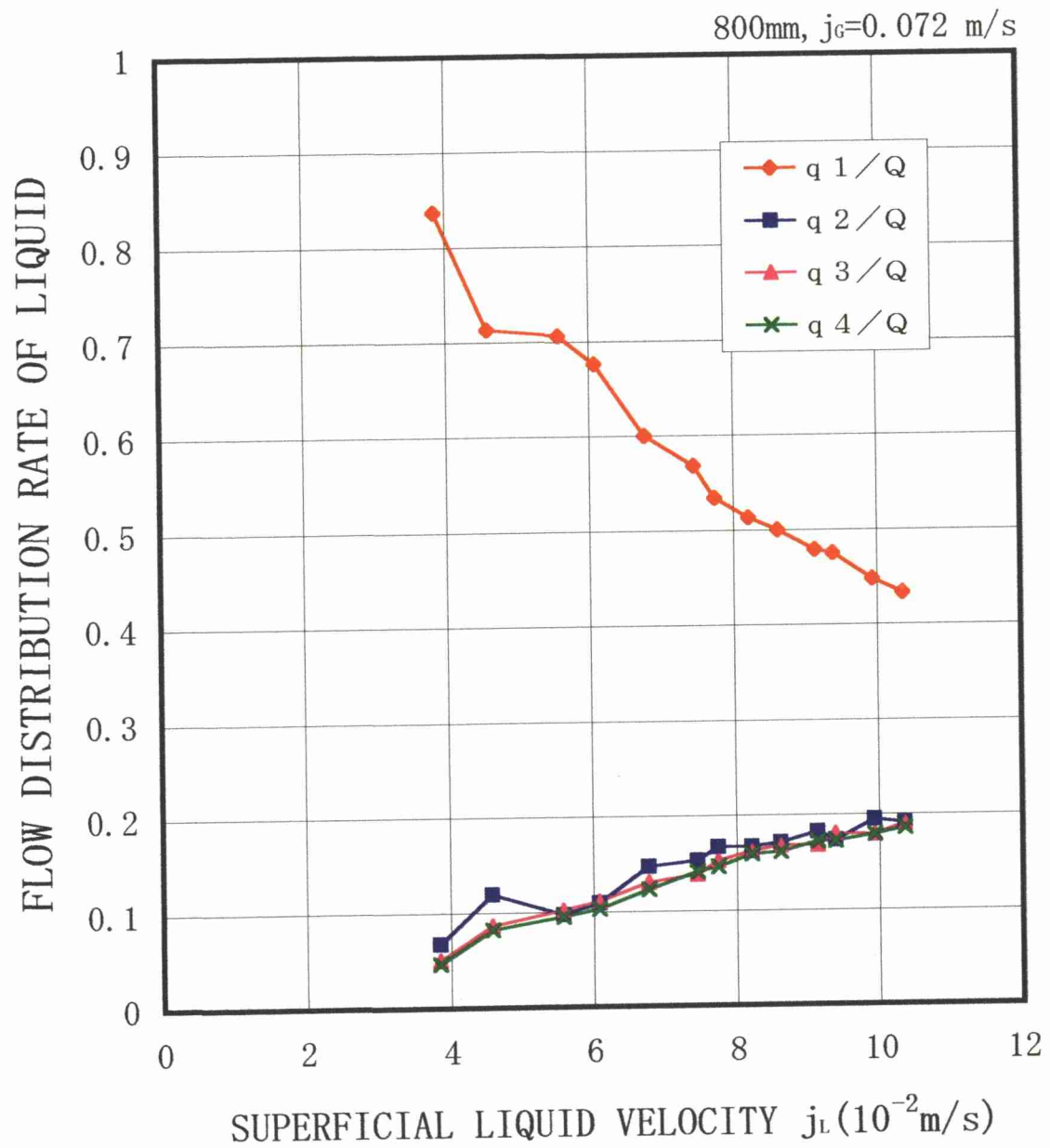


図2 1 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 800mm)

二 相 流 計 測 デ ー タ (' 9 6 , 1 0 , 2 2)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	800	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (10^{-2} \text{ m/s})$
				1	2	3	4		
大気圧(mmHg)	771.4	734	14.3	21.2	10.1	9.3	10	16.674	10.421
室温(℃)	18.5	650	16.2	24	10.2	9.8	10	15.708	9.818
水温(℃)	18	600	18.3	26.8	11	10.2	10	14.936	9.335
空気流量(Nl/min)	4.1	550	19	27.2	10.7	10.3	10	14.435	9.022
空気圧力(kg/cm ²)	0.11	498	20.4	25.3	10.1	10	10	12.797	7.998
換算空気流量(l/s)	0.095	450	24.4	32.5	9.2	10.5	10	12.013	7.508
空気密度(kg/m ³)	1.102	396	12.8	18.2	5.3	5	5	12.333	7.708
水密度(kg/m ³)	998.5	354	15.8	21.4	5.4	5.3	5	11.066	6.916
気相見かけ速度j _g (m/s)	0.059	297	18.5	25.9	5.4	5.1	5	10.546	6.591
		245	23	30.4	5.5	5.2	5	9.445	5.903
		197	14.2	19.7	2.3	2.1	2	8.662	5.414
		150	20.3	24	2.9	2.1	2	7.195	4.497
		100	33	34.5	3.5	1.8	2	5.97	3.731

表 11-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
6.986	3.328	3.065	3.295	0.419	0.2	0.184	0.198	36.3	6.245	170	170	172	169
6.981	2.967	2.851	2.909	0.444	0.189	0.181	0.185	37.69	6.628	175	175	178	173
6.901	2.833	2.627	2.575	0.462	0.19	0.176	0.172	38.88	6.971	175	175	178	173
6.746	2.654	2.555	2.48	0.467	0.184	0.177	0.172	39.69	7.212	170	170	172	169
5.844	2.333	2.31	2.31	0.457	0.182	0.181	0.181	42.61	8.135	172	172	175	170
6.277	1.777	2.028	1.931	0.523	0.148	0.169	0.161	44.16	8.665	173	173	175	171
6.7	1.951	1.841	1.841	0.543	0.158	0.149	0.149	43.51	8.441	178	178	180	176
6.383	1.611	1.581	1.491	0.577	0.146	0.143	0.135	46.19	9.406	175	175	177	173
6.597	1.376	1.299	1.274	0.626	0.13	0.123	0.121	47.39	9.87	180	180	182	178
6.229	1.127	1.065	1.024	0.66	0.119	0.113	0.108	50.15	11.019	185	185	186	184
6.538	0.763	0.697	0.664	0.755	0.088	0.08	0.077	52.31	12.013	188	188	190	186
5.571	0.673	0.487	0.464	0.774	0.094	0.068	0.064	56.9	14.459	180	180	182	178
4.927	0.5	0.257	0.286	0.825	0.084	0.043	0.048	61.41	17.422	180	180	182	178

表 11-2 二相流計測データ

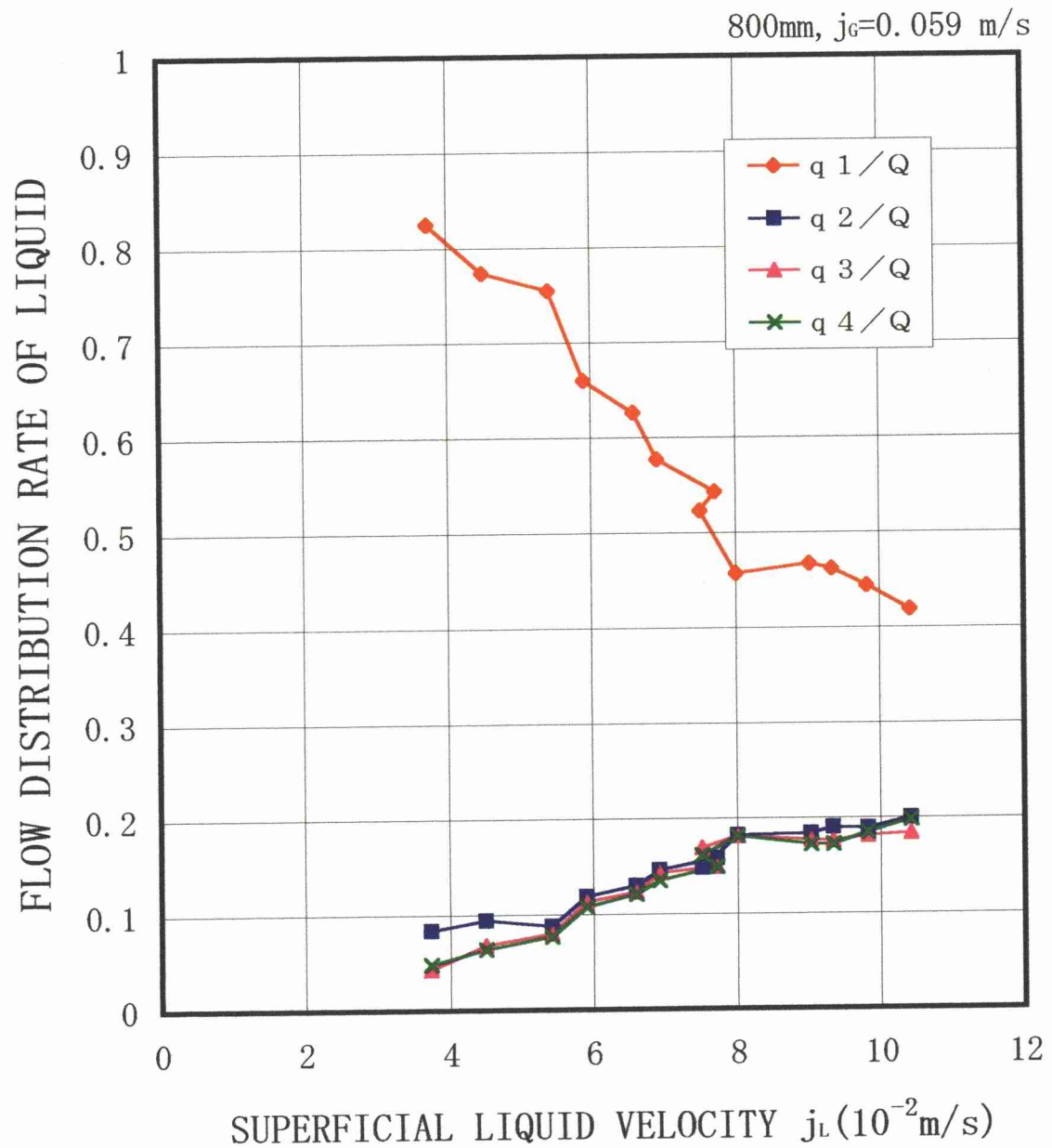


図22 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 800mm)

二相流計測データ ('96, 10, 23)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこ

支管高さ (mm)	800	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (cm)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (10^{-2} \text{ m/s})$
大気圧 (mmHg)	773.3	734	13.8	1	2	3	4	17.791	11.119
室温 (°C)	19.5	652	16.1	23.2	10.4	10.1	10	15.718	9.824
水温 (°C)	18.5	600	16.6	24.1	10	10	10	15.358	9.599
空気流量 (NL/min)	3	548	18.3	25.9	10.3	9.9	10	14.445	9.028
空気圧力 (kg/cm ²)	0.1	500	19.7	27.9	10.1	10	10	13.874	8.671
換算空気流量 (l/s)	0.069	454	22	30.4	10.3	9.5	10	12.895	8.059
空気密度 (kg/m ³)	1.095	399	25	34.4	10.2	10	10	12.177	7.611
水密度 (kg/m ³)	998.425	351	14.9	20.7	5.6	5.2	5	11.544	7.215
気相見かけ速度 j_G (m/s)	0.043	303	17.1	23.5	5.3	5	5	10.693	6.683
		253	22	30.6	5.4	5.1	5	9.875	6.172
		204	11.4	14.2	2.3	2.1	2	8.516	5.323
		149	21.1	26.7	2.1	2	2	7.326	4.579
		97	19.2	21.1	1.1	1	1	5.939	3.712

表 12-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
7.205	3.517	3.654	3.415	0.405	0.198	0.205	0.192	27.95	4.24	172	173	174	171
6.791	3.044	2.956	2.927	0.432	0.194	0.188	0.186	30.51	4.798	172	173	173	171
6.841	2.839	2.839	2.839	0.445	0.185	0.185	0.185	31	4.911	171	171	172	170
6.669	2.652	2.549	2.575	0.462	0.184	0.176	0.178	32.33	5.221	171	171	172	169
6.674	2.416	2.392	2.392	0.481	0.174	0.172	0.172	33.21	5.436	170	170	172	169
6.512	2.206	2.035	2.142	0.505	0.171	0.158	0.166	34.86	5.848	169	170	172	169
6.484	1.923	1.885	1.885	0.532	0.158	0.155	0.155	36.17	6.192	169	169	171	169
6.547	1.771	1.645	1.581	0.567	0.153	0.142	0.137	37.41	6.532	169	168	171	168
6.476	1.461	1.378	1.378	0.606	0.137	0.129	0.129	39.22	7.052	169	168	171	168
6.555	1.157	1.092	1.071	0.664	0.117	0.111	0.108	41.13	7.635	168	168	170	169
5.87	0.951	0.868	0.827	0.689	0.112	0.102	0.097	44.76	8.852	168	168	169	167
5.963	0.469	0.447	0.447	0.814	0.064	0.061	0.061	48.5	10.288	168	168	169	168
5.179	0.27	0.245	0.245	0.872	0.045	0.041	0.041	53.74	12.688	168	168	169	169

表 12-2 二相流計測データ

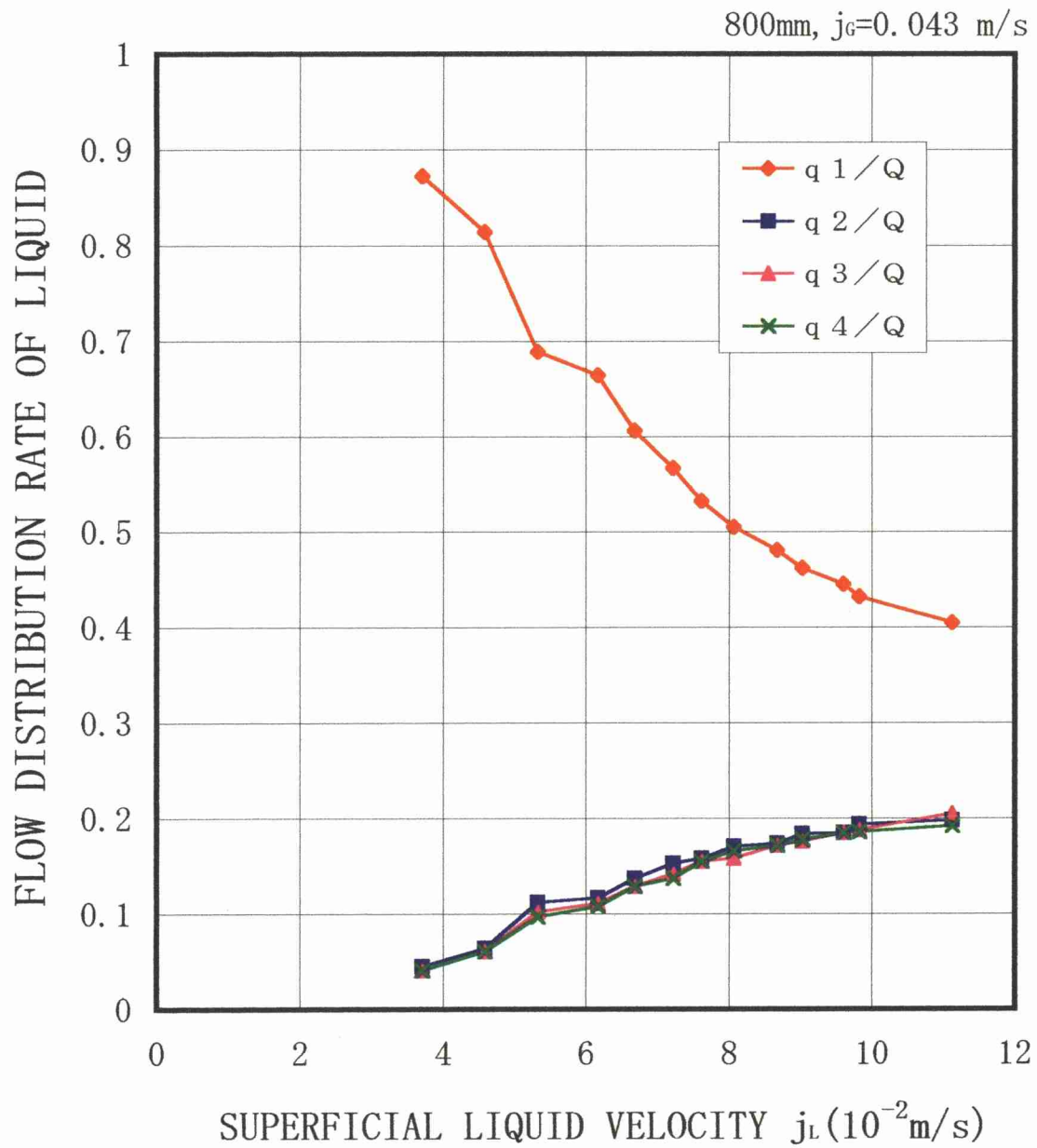


図2.3 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 800mm)

二相流計測データ ('96, 10, 24)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	800	水側の差圧 (mmHg)	時間 (s)	高 さ (cm)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)	液相見かけ流速 $j_L (10^{-2} \text{ m/s})$
				1	2	3	4		
大気圧(mmHg)	772.2	732	14	19	10.3	9.8	10	16.527	10.329
室温(°C)	19.4	649	14.9	18	9.8	9.8	10	15.054	9.409
水温(°C)	18.8	600	15.8	19.9	10	9.5	10	14.734	9.209
空気流量(Nl/min)	2	547	17.5	20.5	10.2	9.9	10	13.626	8.516
空気圧力(kg/cm ²)	0.08	498	18.8	24.7	10.2	9.9	10	13.737	8.586
換算空気流量(l/s)	0.045	455	20.1	25.9	10	9.9	10	13.081	8.176
空気密度(kg/m ³)	1.096	399	22.3	28.2	10	9.9	10	12.277	7.673
水密度(kg/m ³)	998.38	346	26.1	31.8	10.3	9.8	10	11.177	6.986
気相見かけ流速 $j_G (\text{m/s})$	0.028	295	31.5	37.8	10.5	10.1	10	10.233	6.396
		250	17.5	20.7	5.2	4.8	5	9.613	6.008
		199	24.9	24.4	5.5	5.1	5	7.57	4.731
		150	16.9	20	2.3	2.1	2	7.362	4.601
		100	31.7	32.9	2.2	2.2	2	5.842	3.651
		52	22.8	20	0.3	0	0.1	4.217	2.636
		25	33.1	20	0.3	0.1	0.1	2.918	1.824

表 13-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容 積 流 量 割 合	傾 斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
6.395	3.467	3.299	3.366	0.3869	0.2098	0.1996	0.2037	21.58	3.016	173	174	175	173
5.693	3.099	3.099	3.163	0.3782	0.2059	0.2059	0.2101	23.2	3.311	177	178	179	175
5.935	2.983	2.833	2.983	0.4028	0.2025	0.1923	0.2025	23.58	3.3829	173	174	173	172
5.52	2.747	2.666	2.693	0.4051	0.2016	0.1957	0.1976	25.02	3.6578	175	176	175	174
6.191	2.557	2.482	2.507	0.4507	0.1861	0.1807	0.1825	24.87	3.6283	180	181	181	180
6.072	2.344	2.321	2.344	0.4642	0.1792	0.1774	0.1792	25.79	3.8102	188	189	190	186
5.959	2.113	2.092	2.113	0.4854	0.1721	0.1704	0.1721	27.03	4.0596	180	181	183	179
5.742	1.86	1.769	1.806	0.5137	0.1664	0.1583	0.1616	28.92	4.459	180	181	180	179
5.655	1.571	1.511	1.496	0.5526	0.1535	0.1477	0.1462	30.77	4.8701	185	185	187	185
5.574	1.4	1.293	1.346	0.5798	0.1456	0.1345	0.14	32.11	5.1841	185	186	187	185
4.618	1.041	0.965	0.946	0.61	0.1375	0.1275	0.125	37.53	6.5822	183	184	186	184
5.577	0.641	0.586	0.558	0.7575	0.0871	0.0796	0.0758	38.18	6.768	188	189	190	186
4.891	0.327	0.327	0.297	0.8372	0.056	0.056	0.0508	43.77	8.5274	184	185	187	183
4.134	0.062	0	0.021	0.9803	0.0147	0	0.005	51.88	11.8098	180	180	180	178
2.847	0.043	0.014	0.014	0.9757	0.0147	0.0048	0.0048	60.91	17.0575	185	185	185	183

表 13-2 二相流計測データ

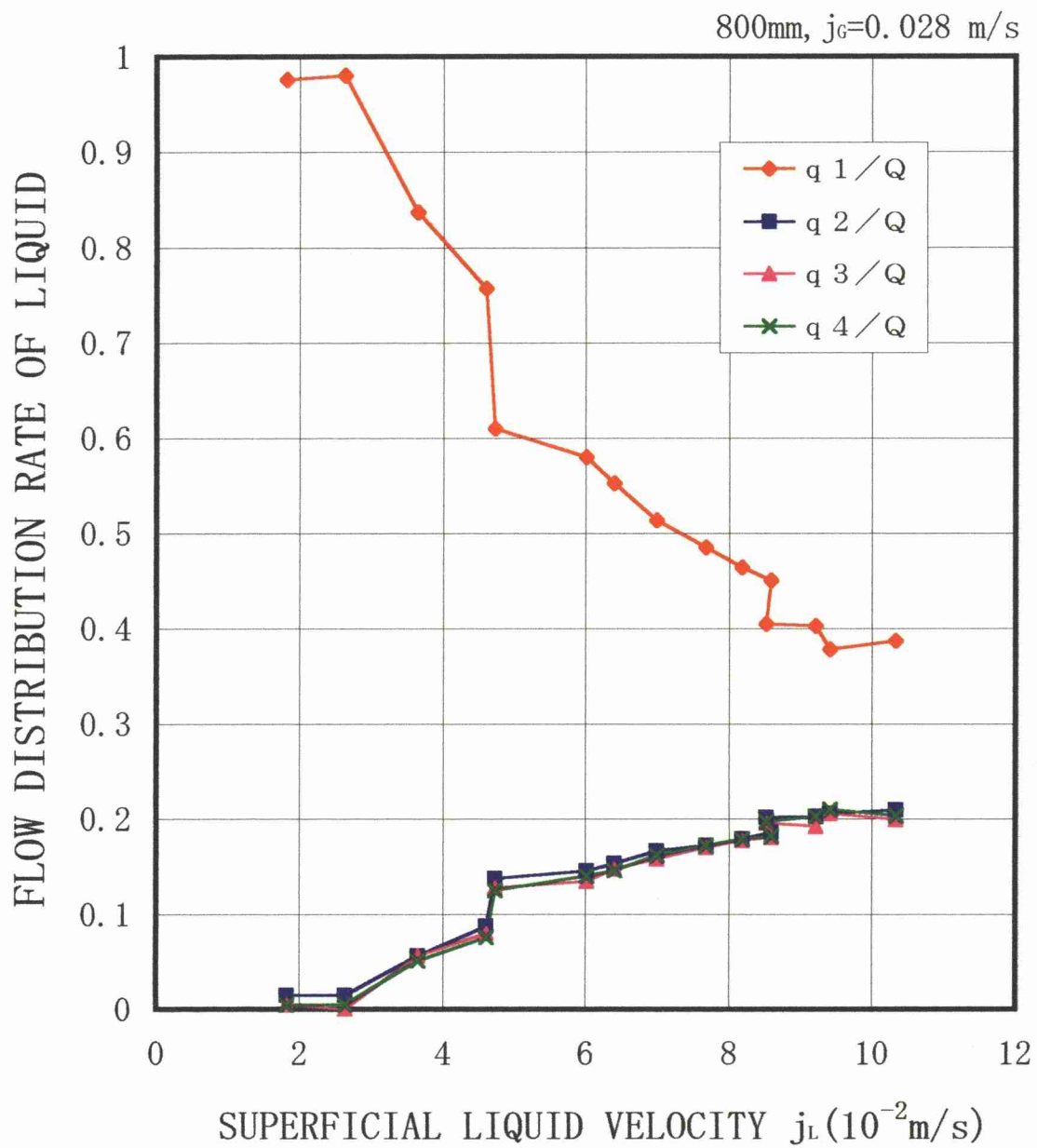


図2 4 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 800mm)

二 相 流 計 測 デ ー タ (' 9 6 , 1 0 , 2 5)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	800	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (10^{-2} \text{m/s})$
大気圧(mmHg)	766.8			1	2	3	4		
室温(°C)	19.5	731	12.6	16	10.2	10	10	17.279	10.799
水温(°C)	19	651	14	17.6	10.3	10	10	16.123	10.077
空気流量(Nl/min)	1.1	602	15.4	18.1	10.6	9.8	10	14.842	9.276
空気圧力(kg/cm ²)	0.08	548	16	19.5	10.3	10.1	10	14.697	9.186
換算空気流量(1/s)	0.025	503	17.6	21.4	10.2	10	10	13.815	8.634
空気密度(kg/m ³)	1.095	451	18.8	22.6	10.3	9.8	10	13.21	8.256
水密度(kg/m ³)	998.35	397	21.2	25.1	10.2	10.1	10	12.314	7.696
気相見かけ速度 $j_G (\text{m/s})$	0.016	348	22.5	25.8	10.1	9.9	10	11.686	7.304
		302	27	30.4	10.3	10.2	10	10.629	6.643
		250	32.4	36.2	10.3	10.1	10	9.686	6.054
		202	20.6	22.3	5.7	5.1	5	8.716	5.448
		147	28.4	28.4	5.6	5.2	5	7.334	4.584
		102	37.5	32.4	5.5	5.2	5	6.044	3.778
		54	20.7	13.1	2	2	2	4.347	2.717
		24	33.8	20	0	0	0	2.788	1.743

表 14-1 二相流計測データ

流 量 (×10 ⁻⁵ m ³ /s)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜マノメータ高さ (mm)
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	傾斜マノメータ高さ (mm)
									12.64
5.984	3.815	3.74	3.74	0.346	0.221	0.216	0.216	12.64	172
5.924	3.467	3.366	3.366	0.367	0.215	0.209	0.209	13.42	174
5.539	3.244	2.999	3.06	0.373	0.219	0.202	0.206	14.42	174
5.743	3.034	2.975	2.945	0.391	0.206	0.202	0.2	14.54	172
5.73	2.731	2.677	2.677	0.415	0.198	0.194	0.194	15.32	171
5.665	2.582	2.456	2.507	0.429	0.195	0.186	0.19	15.91	174
5.579	2.267	2.245	2.223	0.453	0.184	0.182	0.181	16.88	174
5.404	2.115	2.073	2.094	0.462	0.181	0.177	0.179	17.62	176
5.306	1.798	1.78	1.745	0.499	0.169	0.167	0.164	19.04	177
5.265	1.498	1.469	1.454	0.544	0.155	0.152	0.15	20.52	179
5.101	1.304	1.167	1.144	0.585	0.15	0.134	0.131	22.29	182
4.712	0.929	0.863	0.83	0.642	0.127	0.118	0.113	25.42	185
4.072	0.691	0.653	0.628	0.674	0.114	0.108	0.104	29.26	186
2.982	0.455	0.455	0.455	0.686	0.105	0.105	0.105	36.51	180
2.788	0	0	0	1	0	0	0	47.28	174

表 14-2 二相流計測データ

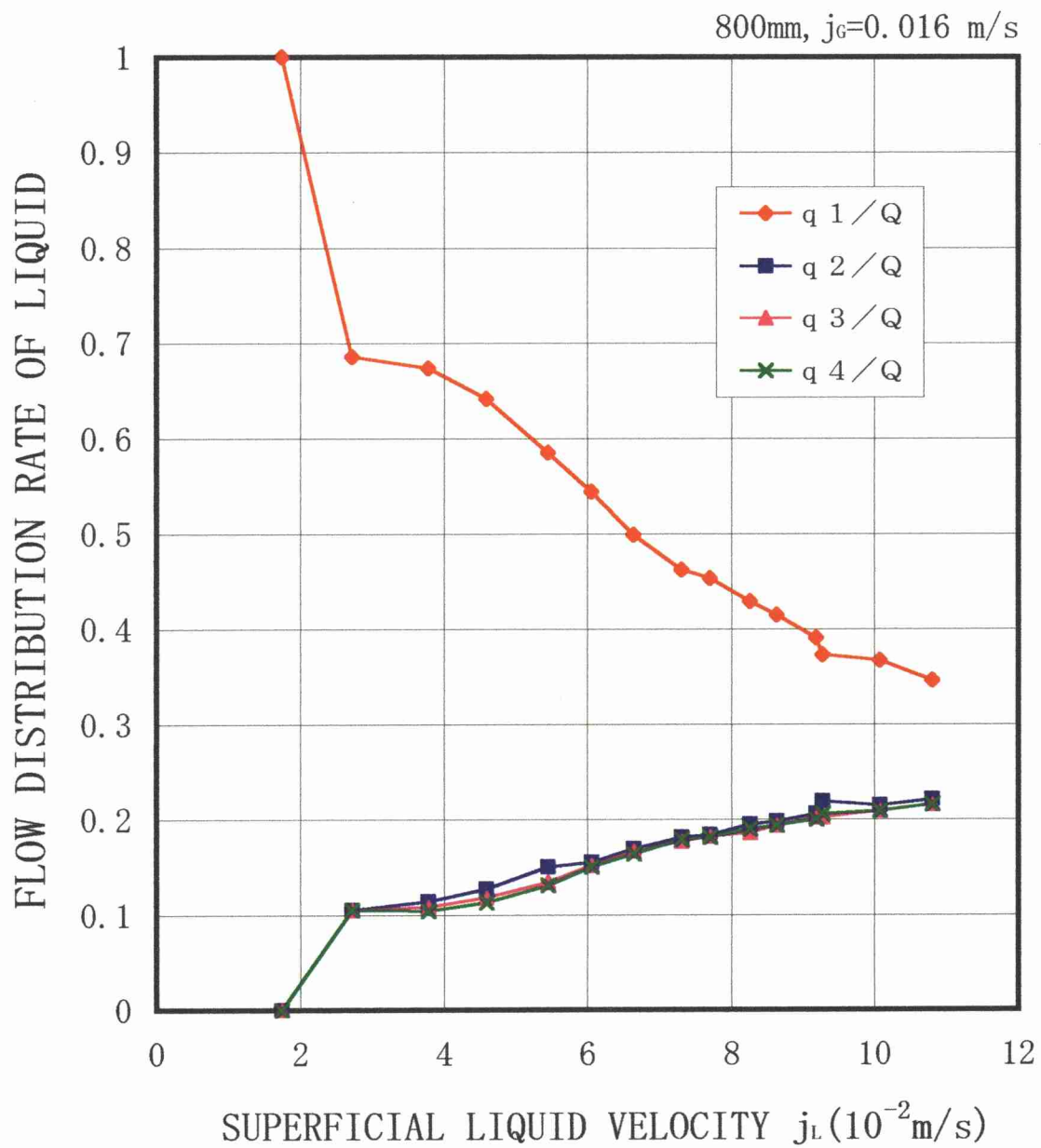


図25 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 800mm)

二相流計測データ ('96, 10, 29)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	800	水側の差圧 (mmHg)	時間 (s)	高 さ (cm)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (10^{-2} \text{ m/s})$
				1	2	3	4		
大気圧(mmHg)	765								
室温(℃)	17.5	732	12.5	14.2	10.4	10	10	16.814	10.509
水温(℃)	18.2	652	13	13.9	10.2	10.1	10	16.022	10.014
空気流量(L/min)	0.55	599	14.3	15.3	10.7	10.3	10	15.257	9.536
空気圧力(kg/cm ²)	0.075	547	14.7	14.7	10.3	10.4	10	14.554	9.096
換算空気流量(L/s)	0.013	498	15.6	16.1	10.1	10	10	13.956	8.723
空気密度(kg/m ³)	1.11	450	16.5	15.9	10	9.9	10	13.08	8.175
水密度(kg/m ³)	998.47	401	18.2	17.1	10.3	10	10	12.273	7.671
気相見かけ速度 j_G (m/s)	0.008	348	20.9	20.1	10.3	10.1	10	11.386	7.116
		299	23.7	22.7	10.5	10	10	10.578	6.611
		250	26.9	24.3	10.2	10	10	9.548	5.968
		203	32.2	29.4	10	10.1	10	8.707	5.442
		152	39.1	32.9	10.1	9.9	10	7.58	4.738
		101	34.5	28.6	5.4	5.2	5	6.038	3.774
		49	31.6	17.9	2.1	2	2	3.578	2.236
		23	43.5	20	1.1	1.1	1.1	2.524	1.578

表 15-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
5.353	3.921	3.77	3.77	0.318	0.233	0.224	0.224	7.18	0.846	192	193	194	192
5.039	3.697	3.661	3.625	0.315	0.231	0.228	0.226	7.5	0.888	188	189	189	187
5.042	3.526	3.394	3.295	0.33	0.231	0.222	0.216	7.85	0.933	184	184	184	183
4.712	3.302	3.334	3.206	0.324	0.227	0.229	0.22	8.2	0.978	179	180	181	179
4.863	3.051	3.021	3.021	0.348	0.219	0.216	0.216	8.52	1.019	174	175	176	174
4.541	2.856	2.827	2.856	0.347	0.218	0.216	0.218	9.04	1.088	175	176	175	174
4.428	2.667	2.589	2.589	0.361	0.217	0.211	0.211	9.58	1.159	174	175	175	174
4.532	2.322	2.277	2.255	0.398	0.204	0.2	0.198	10.25	1.25	174	175	175	173
4.514	2.088	1.988	1.988	0.427	0.197	0.188	0.188	10.94	1.345	171	172	173	170
4.257	1.787	1.752	1.752	0.446	0.187	0.183	0.183	11.98	1.49	166	167	167	165
4.303	1.463	1.478	1.463	0.494	0.168	0.17	0.168	12.99	1.634	167	168	168	166
3.965	1.217	1.193	1.205	0.523	0.161	0.157	0.159	14.64	1.877	172	173	173	172
3.907	0.738	0.71	0.683	0.647	0.122	0.118	0.113	17.72	2.356	178	179	179	176
2.669	0.313	0.298	0.298	0.746	0.087	0.083	0.083	26.65	3.976	179	180	179	178
2.167	0.119	0.119	0.119	0.859	0.047	0.047	0.047	34	5.633	195	196	196	194

表 15-2 二相流計測データ

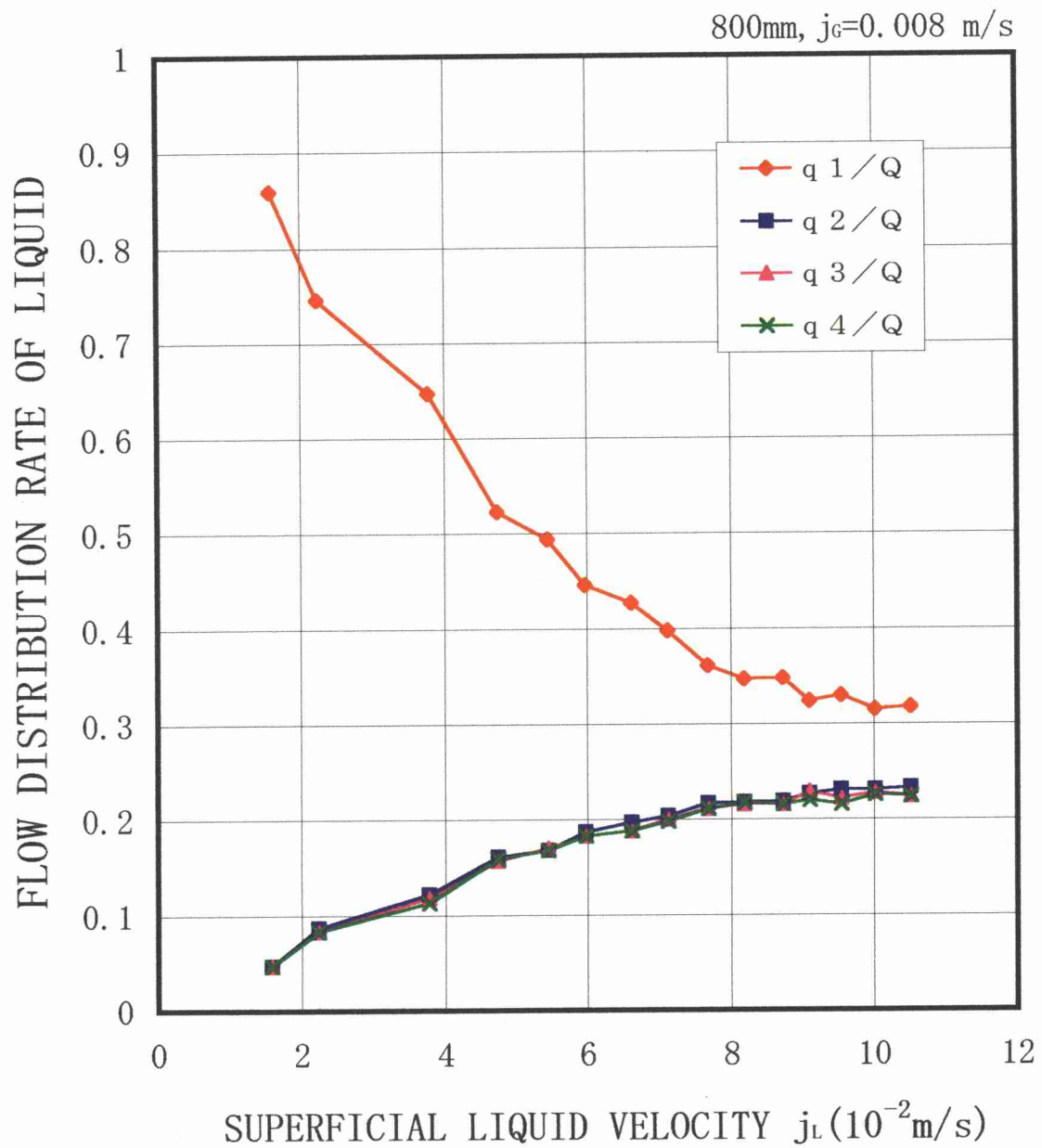


図26 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 800mm)

二 相 流 計 測 デ ー タ (' 9 6 , 1 1 , 5)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	585	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 j_L (10^{-2} m/s)
大気圧(mmHg)	765.8			1	2	3	4		
室温(℃)	18.4	751	7.1	10.5	5.3	5.4	5	17.39	10.869
水温(℃)	17.5	700	7.1	10.1	5.1	5.2	5	16.859	10.537
空気流量(Nl/min)	5	651	7.6	11.7	5.4	5	5	16.803	10.502
空気圧力(kg/cm ²)	0.09	600	8.2	11.9	4.9	4.8	5	15.286	9.554
換算空気流量(l/s)	0.114	550	9	12.8	5	5.5	5	14.818	9.261
空気密度(kg/m ³)	1.103	503	9.6	13.5	5.4	5	5	14.186	8.866
水密度(kg/m ³)	998.575	449	10.8	14.9	5.1	5.2	5	13.177	8.236
気相見かけ速度j _g (m/s)	0.071	402	12	16.4	5.6	4.9	5	12.526	7.829
		351	14	18.9	5.4	5.2	5	11.613	7.258
		302	16.1	20.1	5.8	5.1	5	10.537	6.586
		248	20.5	24.8	5.9	5.3	5	9.424	5.89
		198	10.6	12.9	2.8	2.5	2	8.98	5.613
		151	14.1	15	2.8	2	2	7.285	4.553
		101	22.8	22.5	4.6	1.8	2	6.386	3.991

表 16-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
6.969	3.518	3.584	3.319	0.401	0.202	0.206	0.191	39.6	7.21	182	183	184	181
6.704	3.385	3.451	3.319	0.398	0.201	0.205	0.197	40.34	7.437	178	178	180	179
7.255	3.348	3.1	3.1	0.432	0.199	0.184	0.184	40.42	7.462	178	179	180	179
6.839	2.816	2.758	2.873	0.447	0.184	0.18	0.188	42.72	8.202	177	178	179	176
6.702	2.618	2.88	2.618	0.452	0.177	0.194	0.177	43.48	8.461	176	177	178	177
6.627	2.651	2.454	2.454	0.467	0.187	0.173	0.173	44.56	8.838	174	175	176	174
6.501	2.225	2.269	2.182	0.493	0.169	0.172	0.166	46.38	9.513	174	175	176	175
6.44	2.199	1.924	1.963	0.514	0.176	0.154	0.157	47.65	10.007	175	176	177	176
6.362	1.818	1.75	1.683	0.548	0.157	0.151	0.145	49.54	10.794	179	181	182	179
5.883	1.698	1.493	1.463	0.558	0.161	0.142	0.139	51.97	11.894	179	180	181	179
5.701	1.356	1.218	1.149	0.605	0.144	0.129	0.122	54.74	13.297	181	182	183	182
5.735	1.245	1.111	0.889	0.639	0.139	0.124	0.099	55.94	13.952	182	183	184	183
5.013	0.936	0.668	0.668	0.688	0.128	0.092	0.092	61.01	17.195	185	186	187	186
4.65	0.951	0.372	0.413	0.728	0.149	0.058	0.065	64.1	19.612	186	187	187	184

表 16-2 二相流計測データ

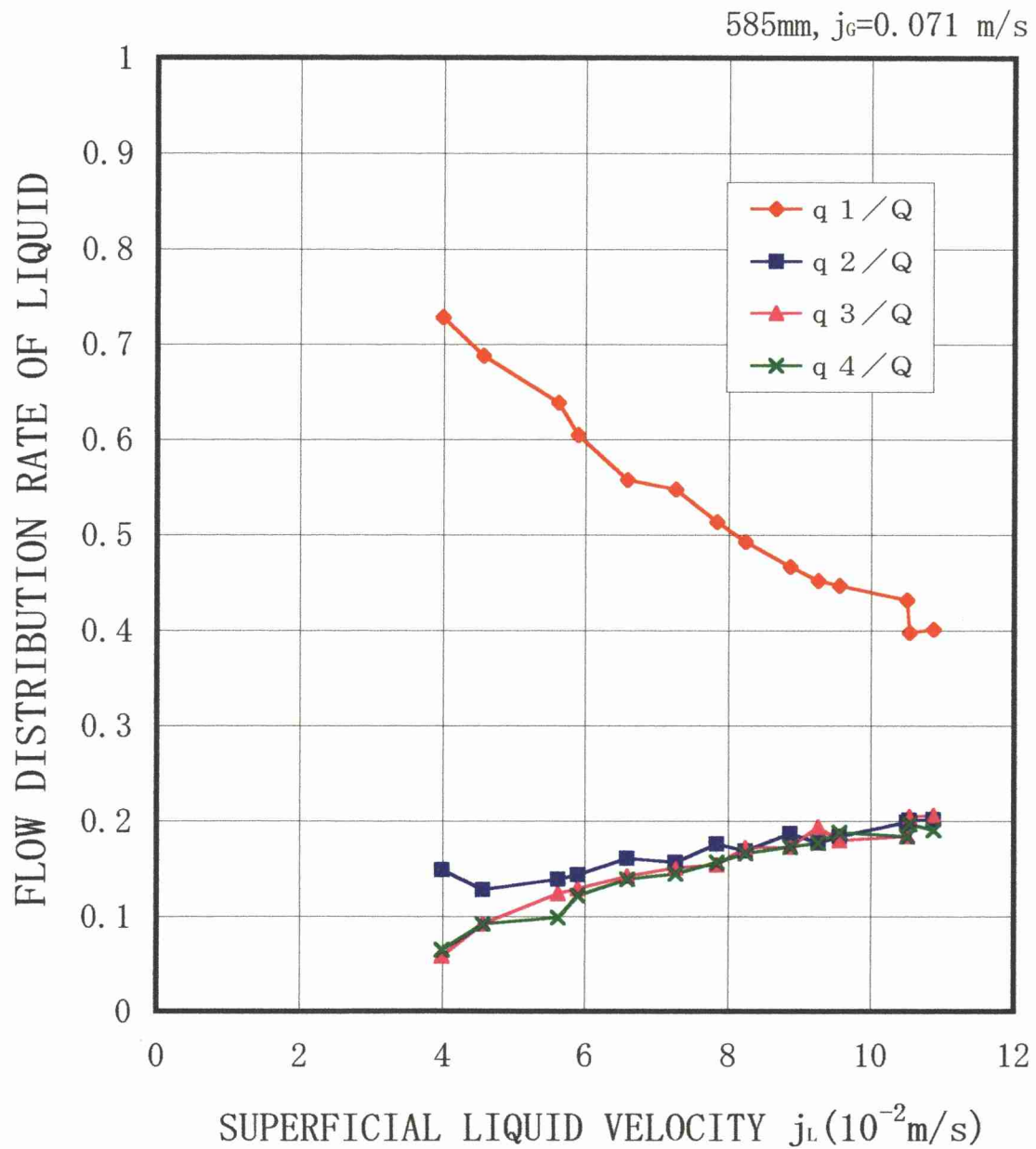


図27 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 585mm)

二相流計測データ ('96, 11, 6)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	585	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (10^{-2} \text{m/s})$
大気圧(mmHg)	758.3			1	2	3	4		
室温(°C)	19.5	747	7.2	9.4	5.5	5	5	16.296	10.185
水温(°C)	19	697	7.6	11	5.3	5	5	16.307	10.192
空気流量(Nl/min)	4	650	7.7	11.4	5.4	4.9	5	16.341	10.213
空気圧力(kg/cm ²)	0.08	598	8.7	12.6	5.4	5.1	5	15.22	9.513
換算空気流量(l/s)	0.091	549	9.4	13.2	5.5	5.2	5	14.488	9.055
空気密度(kg/m ³)	1.095	503	10.3	14.4	5.5	5	5	13.68	8.55
水密度(kg/m ³)	998.35	452	10.5	14.6	5.4	4.9	5	13.419	8.387
気相見かけ速度 $j_G (\text{m/s})$	0.057	400	11.7	15.7	5.1	5.1	5	12.445	7.778
		354	13.8	17.8	5.3	5.1	5	11.337	7.086
		296	17	21.8	5.4	5.3	5	10.395	6.497
		250	7.8	10.2	2.3	2	2	9.968	6.23
		203	10.7	10.8	2.1	2.1	2	7.487	4.679
		150	18.3	20.6	3.4	2.2	2	7.263	4.539
		100	20.2	20	2.5	1.4	1.3	5.879	3.674

表 17-1 二相流計測データ

流 量	$(\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s})$				水の流量分配割合				容積流量割合 β (%)	傾斜 $\times 10^{-4}$	傾斜マノメータ高さ (mm)			
	q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q			1	2	3	4
6.152		3.6	3.272	3.272	0.378	0.221	0.201	0.201	35.83	6.134	170	172	172	168
6.821		3.286	3.1	3.1	0.418	0.202	0.19	0.19	35.82	6.13	175	177	177	175
6.977		3.305	2.999	3.06	0.427	0.202	0.184	0.187	35.77	6.118	177	179	179	175
6.825		2.925	2.762	2.708	0.448	0.192	0.181	0.178	37.42	6.568	175	177	177	174
6.617		2.757	2.607	2.507	0.457	0.19	0.18	0.173	38.58	6.9	175	177	176	175
6.588		2.516	2.288	2.288	0.482	0.184	0.167	0.167	39.95	7.307	170	171	172	170
6.552		2.424	2.199	2.244	0.488	0.181	0.164	0.167	40.41	7.449	174	174	175	170
6.323		2.054	2.054	2.014	0.508	0.165	0.165	0.162	42.24	8.031	178	180	178	176
6.078		1.81	1.742	1.707	0.536	0.16	0.154	0.151	44.53	8.815	180	179	179	177
6.043		1.497	1.469	1.386	0.581	0.144	0.141	0.133	46.68	9.613	180	181	182	180
6.162		1.39	1.208	1.208	0.618	0.139	0.121	0.121	47.72	10.025	183	182	180	180
4.756		0.925	0.925	0.881	0.635	0.124	0.124	0.118	54.86	13.344	183	183	183	181
5.305		0.876	0.567	0.515	0.73	0.121	0.078	0.071	55.61	13.755	185	185	185	180
4.666		0.583	0.327	0.303	0.794	0.099	0.056	0.052	60.75	16.987	186	187	187	186

表 17-2 二相流計測データ

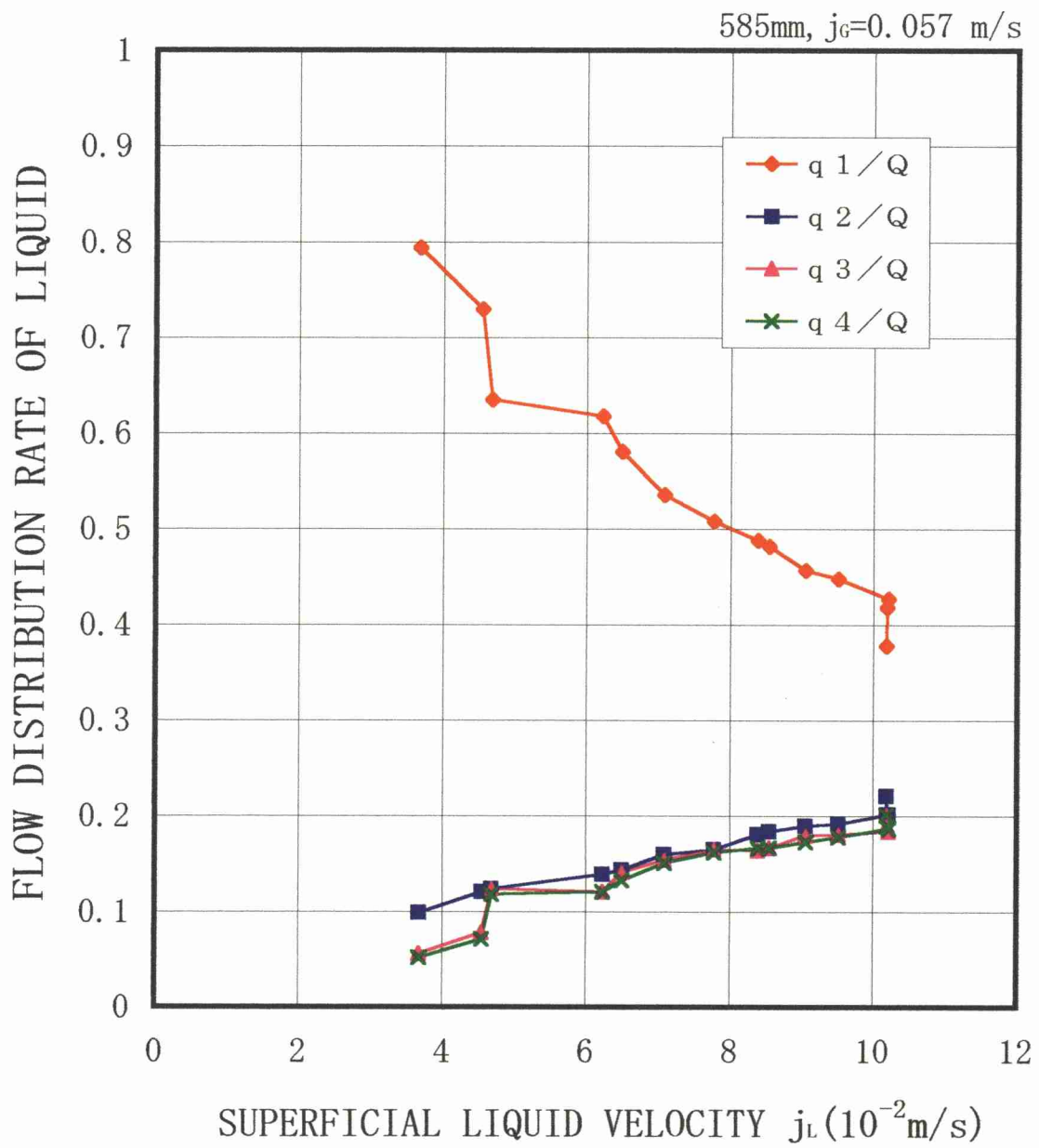


図28 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 585mm)

二 相 流 計 測 デ ー タ (' 9 6 , 1 1 , 6)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	585	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q (10 ⁻⁵ m ³ /s)	液相見かけ速度 j _L (10 ⁻² m/s)
				1	2	3	4		
大気圧(mmHg)	758.2	747	6.7	9.8	5	4.8	5	17.303	10.814
室温(℃)	20	698	7.5	11.6	5.3	4.9	5	16.839	10.524
水温(℃)	18.5	654	8	12.1	5.4	5	5	16.198	10.124
空気流量(Nl/min)	3	601	8.6	12.4	5.4	5	5	15.234	9.521
空気圧力(kg/cm ²)	0.075	547	9.4	12.9	5.3	4.9	5	14.087	8.804
換算空気流量(l/s)	0.068	499	9.9	14.1	5.4	5.1	5	14.09	8.806
空気密度(kg/m ³)	1.091	447	10.8	14.8	5.3	4.9	5	13.091	8.182
水密度(kg/m ³)	998.425	397	11.9	15.9	5.4	5	5	12.394	7.746
気相見かけ速度j _G (m/s)	0.043	350	13.3	18	5.3	5	5	11.8	7.375
		303	16	21	5.5	5	5	10.751	6.719
		248	8.9	11.5	2.4	2.2	2	9.584	5.99
		198	10.2	12.6	2.4	2	2	8.778	5.486
		150	16.3	19	2.8	2.1	2	7.487	4.679
		103	17.9	20	1.2	1.2	1.3	6.239	3.899

表 18-1 二相流計測データ

流 量 (×10 ⁻⁵ m ³ / s)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1 / Q	q 2 / Q	q 3 / Q	q 4 / Q	β (%)	×10 ⁻⁴	1	2	3	4
6.893	3.517	3.376	3.517	0.398	0.203	0.195	0.203	28.21	4.343	170	172	172	170
7.288	3.33	3.079	3.142	0.433	0.198	0.183	0.187	28.77	4.463	180	181	180	178
7.127	3.181	2.945	2.945	0.44	0.196	0.182	0.182	29.57	4.639	173	175	175	173
6.795	2.959	2.74	2.74	0.446	0.194	0.18	0.18	30.86	4.933	177	178	178	177
6.467	2.657	2.456	2.507	0.459	0.189	0.174	0.178	32.56	5.334	177	178	178	177
6.712	2.57	2.428	2.38	0.476	0.182	0.172	0.169	32.55	5.333	173	173	173	172
6.458	2.313	2.138	2.182	0.493	0.177	0.163	0.167	34.19	5.739	175	177	177	175
6.296	2.138	1.98	1.98	0.508	0.173	0.16	0.16	35.43	6.062	180	181	181	181
6.378	1.878	1.772	1.772	0.541	0.159	0.15	0.15	36.56	6.367	175	176	176	175
6.185	1.62	1.473	1.473	0.575	0.151	0.137	0.137	38.74	6.988	180	181	181	179
6.089	1.271	1.165	1.059	0.635	0.133	0.122	0.11	41.5	7.838	183	185	183	182
5.821	1.109	0.924	0.924	0.663	0.126	0.105	0.105	43.65	8.558	180	181	181	181
5.493	0.809	0.607	0.578	0.734	0.108	0.081	0.077	47.6	10.032	180	182	182	181
5.265	0.316	0.316	0.342	0.844	0.051	0.051	0.055	52.15	12.037	185	185	186	184

表 18-2 二相流計測データ

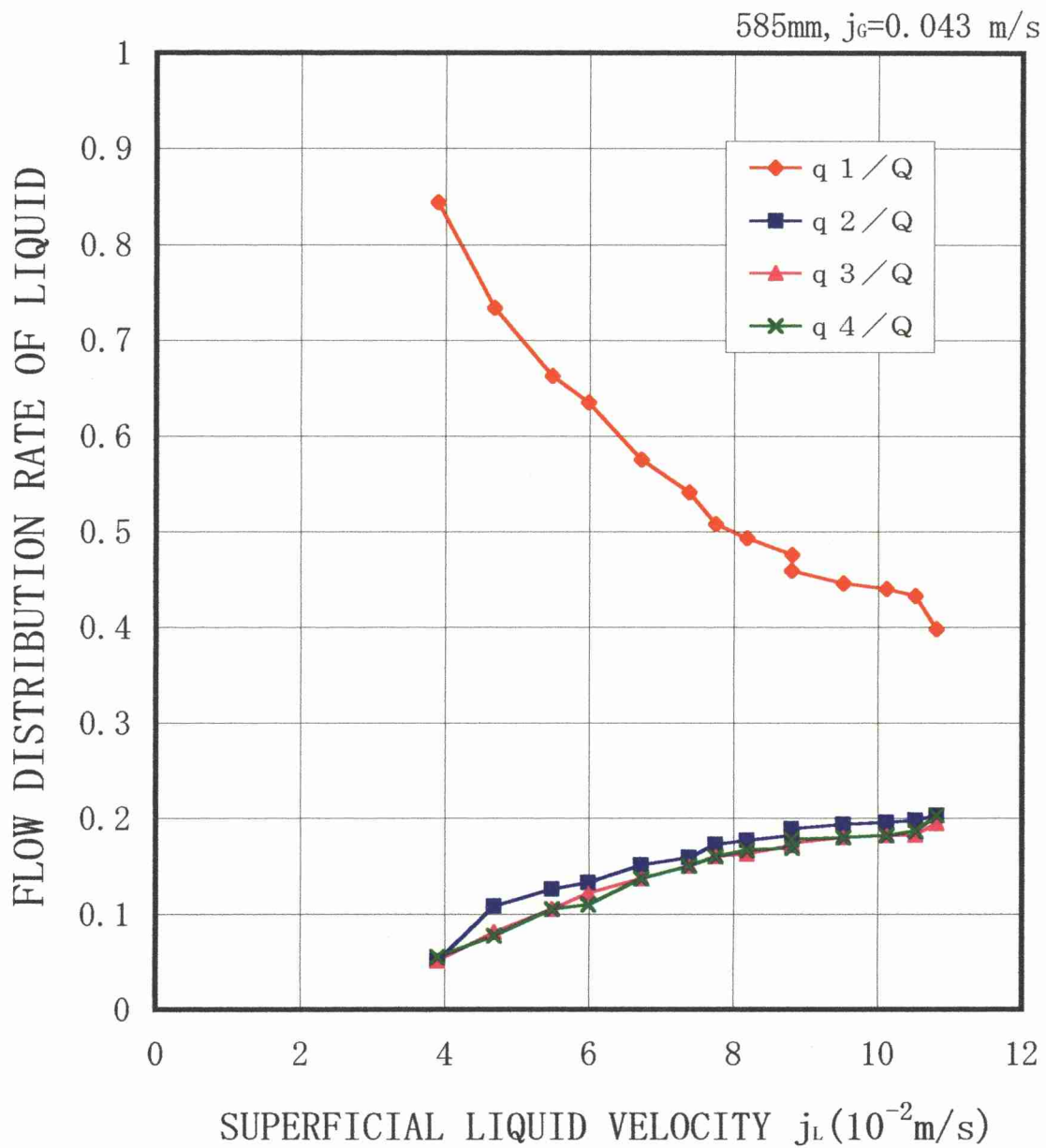


図29 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 585mm)

二相流計測データ ('96, 11, 7)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	585	水側の差圧 (mmHg)	時間 (s)	高 さ (cm)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (\text{m/s})$
				1	2	3	4		
大気圧(mmHg)	770.4	752	6.5	8.9	5.1	4.8	5	17.254	10.784
室温(°C)	17.2	698	7	9	5.2	4.9	5	16.225	10.141
水温(°C)	16.3	650	7.7	10.4	5.5	5.1	5	15.912	9.945
空気流量(Nl/min)	2	600	8.1	10.4	5.4	4.8	5	14.894	9.309
空気圧力(kg/cm ²)	0.06	548	8.8	11.6	5.4	4.9	5	14.405	9.003
換算空気流量(l/s)	0.045	499	8.9	11.6	5.2	5	5	14.189	8.868
空気密度(kg/m ³)	1.112	450	10.3	13.5	5.4	5.5	5	13.451	8.407
水密度(kg/m ³)	998.755	397	11.7	15.1	5.5	5	5	12.325	7.703
気相見かけ速度 $j_G (\text{m/s})$	0.028	347	13.2	17.2	5.3	4.9	5	11.566	7.229
		299	15	18.5	5.3	5	5	10.619	6.637
		247	6.9	8.3	2	2	2	9.767	6.104
		199	11	13.7	2.2	2.2	2	8.61	5.381
		151	17.4	20.8	2.5	2.2	2	7.448	4.655
		100	13.8	14.5	1.3	1	1	6.077	3.798
		53	25.7	20	0.9	0.8	1.1	4.181	2.613
		25	36.9	20	0.3	0.3	0.2	2.656	1.66

表 19-1 二相流計測データ

流量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水の流量分配割合				容積流量割合	傾斜	傾斜マノメータ高さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
6.452	3.697	3.48	3.625	0.374	0.214	0.202	0.21	20.69	2.89	173	173	172	171
6.059	3.501	3.299	3.366	0.373	0.216	0.203	0.207	21.71	3.073	170	172	172	171
6.365	3.366	3.121	3.06	0.4	0.212	0.196	0.192	22.05	3.134	175	175	174	173
6.05	3.142	2.793	2.909	0.406	0.211	0.188	0.195	23.2	3.348	177	177	177	176
6.212	2.892	2.624	2.677	0.431	0.201	0.182	0.186	23.8	3.462	178	178	177	176
6.142	2.753	2.647	2.647	0.433	0.194	0.187	0.187	24.08	3.514	180	181	180	179
6.176	2.471	2.516	2.288	0.459	0.184	0.187	0.17	25.07	3.707	180	181	180	179
6.082	2.215	2.014	2.014	0.493	0.18	0.163	0.163	26.75	4.045	178	179	179	177
6.14	1.892	1.749	1.785	0.531	0.164	0.151	0.154	28.01	4.311	180	180	180	179
5.812	1.665	1.571	1.571	0.547	0.157	0.148	0.148	29.76	4.695	182	182	183	182
5.669	1.366	1.366	1.366	0.58	0.14	0.14	0.14	31.54	5.105	185	185	185	184
5.869	0.942	0.942	0.857	0.682	0.109	0.109	0.1	34.32	5.79	185	185	185	183
5.633	0.677	0.596	0.542	0.756	0.091	0.08	0.073	37.66	6.693	185	185	185	184
4.951	0.444	0.341	0.341	0.815	0.073	0.056	0.056	42.55	8.201	188	188	187	186
3.667	0.165	0.147	0.202	0.877	0.039	0.035	0.048	51.84	11.916	188	188	189	188
2.554	0.038	0.038	0.026	0.962	0.014	0.014	0.01	62.88	18.745	200	202	202	199

表 19-2 二相流計測データ

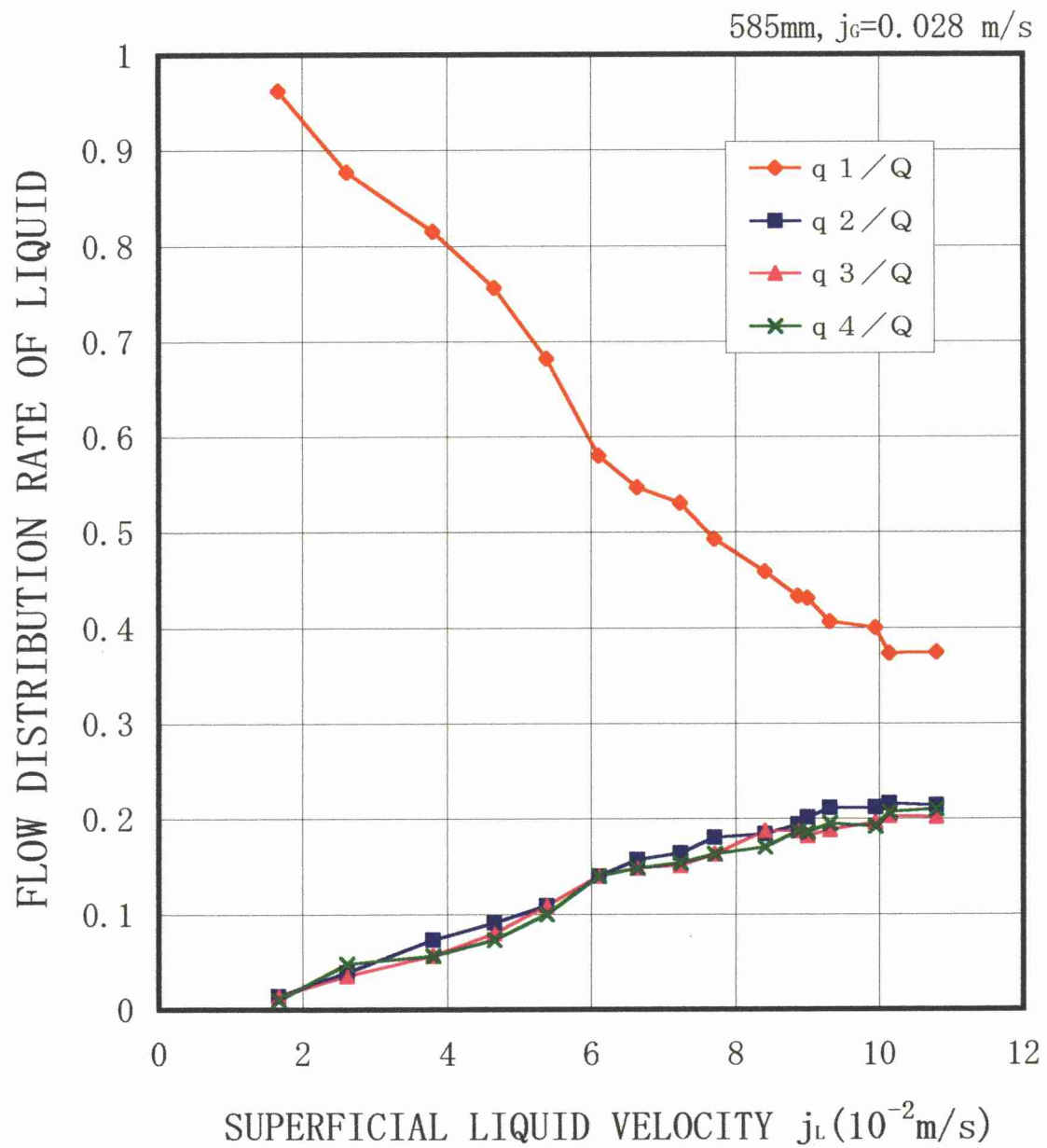


図30 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 585mm)

二 相 流 計 測 デ ー タ (' 9 6 , 1 1 , 8)

※水温・室温によって空気密度・水密度が変わってくるので、データ記入の際、必ず計算式を確認のこと

支管高さ (mm)	585	水側の差圧 (mmHg)	時 間 (s)	高 さ (c m)				水の総流量 Q ($10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$)	液相見かけ速度 $j_L (10^{-2} \text{m/s})$
				1	2	3	4		
大気圧(mmHg)	770.7	749	6.3	7.9	5.3	5	5	17.353	10.846
室温(℃)	17								
水温(℃)	17	701	6.4	7.9	5.3	5.1	5	17.156	10.723
空気流量(Nl/min)	1	651	6.8	8.2	5.3	5.2	5	16.425	10.266
空気圧力(kg/cm ²)	0.05	599	7	9.5	5.3	5	5	16.695	10.434
換算空気流量(1/s)	0.023	549	8	9.4	5.4	5.2	5	14.726	9.204
空気密度(kg/m ³)	1.114	501	8.6	9.8	5.5	5.2	5	13.973	8.733
水密度(kg/m ³)	998.65	447	9.2	10.3	5.4	5.2	5	13.267	8.292
気相見かけ速度 j_G (m/s)	0.014	398	9.9	11	5.4	5.1	5	12.614	7.884
		349	11.5	12.1	5.5	5.2	5	11.392	7.12
		303	12.8	13.7	5.4	5.1	5	10.751	6.719
		247	15.5	16.1	5.5	5.2	5	9.668	6.043
		199	18.2	18	5.4	5.1	5	8.675	5.422
		151	23	21.1	5.5	5	5	7.498	4.686
		99	14.3	12.3	2.4	2	2	6.162	3.851
		49	23	20	0	0	0	4.098	2.561
		24	35.7	20	0	0	0	2.64	1.65

表 20-1 二相流計測データ

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
5.909	3.964	3.74	3.74	0.341	0.228	0.216	0.216	11.7	1.44	173	174	175	174
5.817	3.902	3.755	3.682	0.339	0.227	0.219	0.215	11.82	1.456	173	174	174	173
5.683	3.673	3.604	3.465	0.346	0.224	0.219	0.211	12.28	1.521	177	178	178	177
6.395	3.568	3.366	3.366	0.383	0.214	0.202	0.202	12.11	1.497	176	177	177	175
5.537	3.181	3.063	2.945	0.376	0.216	0.208	0.2	13.51	1.696	179	180	181	178
5.37	3.014	2.849	2.74	0.384	0.216	0.204	0.196	14.13	1.788	175	176	176	174
5.276	2.766	2.664	2.561	0.398	0.208	0.201	0.193	14.77	1.893	182	182	183	181
5.236	2.57	2.428	2.38	0.415	0.204	0.192	0.189	15.42	1.98	183	184	185	184
4.958	2.254	2.131	2.049	0.435	0.198	0.187	0.18	16.8	2.193	184	185	185	183
5.044	1.988	1.878	1.841	0.469	0.185	0.175	0.171	17.62	2.324	187	188	188	187
4.895	1.672	1.581	1.52	0.506	0.173	0.164	0.157	19.22	2.584	190	191	191	190
4.661	1.398	1.321	1.295	0.537	0.161	0.152	0.149	20.96	2.879	190	191	192	190
4.323	1.127	1.024	1.024	0.577	0.15	0.137	0.137	23.47	3.332	188	189	190	188
4.053	0.791	0.659	0.659	0.658	0.128	0.107	0.107	27.18	4.054	193	194	194	192
4.098	0	0	0	1	0	0	0	35.95	6.094	174	174	175	173
2.64	0	0	0	1	0	0	0	46.56	9.456	174	174	175	173

表 20-2 二相流計測データ

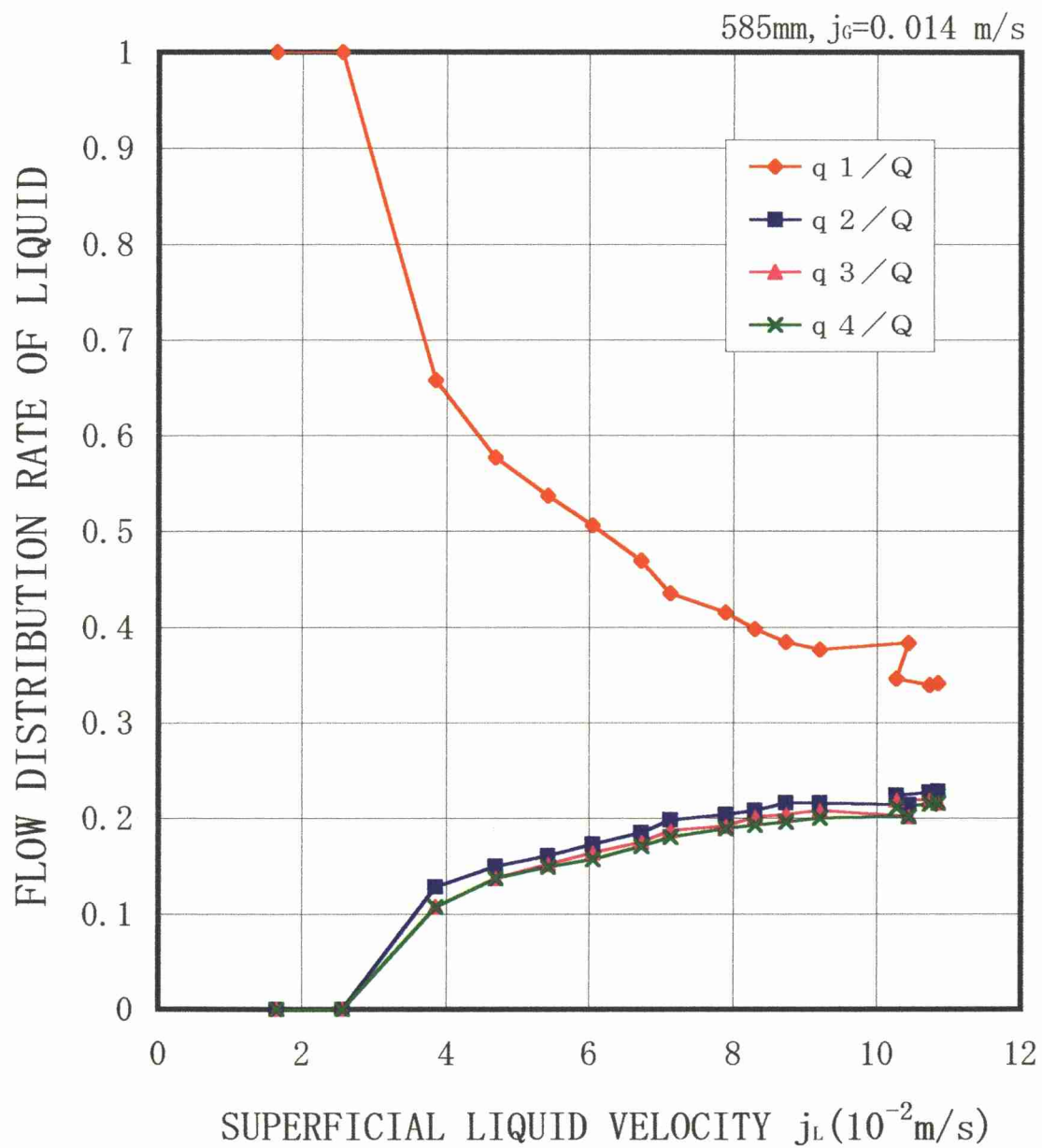


図3 1 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 585mm)

流 量 ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)				水 の 流 量 分 配 割 合				容積流量割合	傾斜	傾 斜 マ ノ メ タ 高 さ (mm)			
q 1	q 2	q 3	q 4	q 1/Q	q 2/Q	q 3/Q	q 4/Q	β (%)	$\times 10^{-4}$	1	2	3	4
5.511	4.313	4.153	3.994	0.307	0.24	0.231	0.222	5.77	0.699	175	176	177	175
5.228	3.976	3.902	3.682	0.311	0.237	0.232	0.219	6.15	0.749	176	177	176	175
5.141	3.927	3.784	3.57	0.313	0.239	0.23	0.217	6.28	0.765	175	177	176	174
4.982	3.635	3.501	3.366	0.322	0.235	0.226	0.217	6.63	0.812	172	173	174	172
5.215	3.393	3.33	3.142	0.346	0.225	0.221	0.208	6.8	0.833	172	172	173	172
4.885	3.103	3.046	2.873	0.351	0.223	0.219	0.207	7.33	0.904	171	172	173	171
4.659	2.945	2.785	2.677	0.357	0.225	0.213	0.205	7.77	0.962	174	175	176	175
4.761	2.7	2.602	2.454	0.38	0.216	0.208	0.196	8.08	1.004	175	176	176	175
4.665	2.523	2.428	2.38	0.389	0.21	0.202	0.198	8.4	1.048	174	175	176	174
4.107	2.291	2.205	2.162	0.382	0.213	0.205	0.201	9.27	1.168	176	177	178	176
4.145	1.913	1.807	1.772	0.43	0.199	0.188	0.184	10.24	1.304	175	175	176	174
3.97	1.428	1.428	1.428	0.481	0.173	0.173	0.173	11.76	1.523	176	177	177	175
4.023	1.2	1.134	1.111	0.539	0.161	0.152	0.149	12.84	1.683	176	176	177	175
3.789	0.783	0.727	0.699	0.632	0.131	0.121	0.117	15.5	2.095	177	177	178	176
2.888	0.425	0.39	0.354	0.712	0.105	0.096	0.087	21.33	3.097	175	175	176	174
2.212	0.133	0.144	0.155	0.837	0.05	0.054	0.059	29.38	4.75	175	175	176	174

表 21-2 二相流計測データ

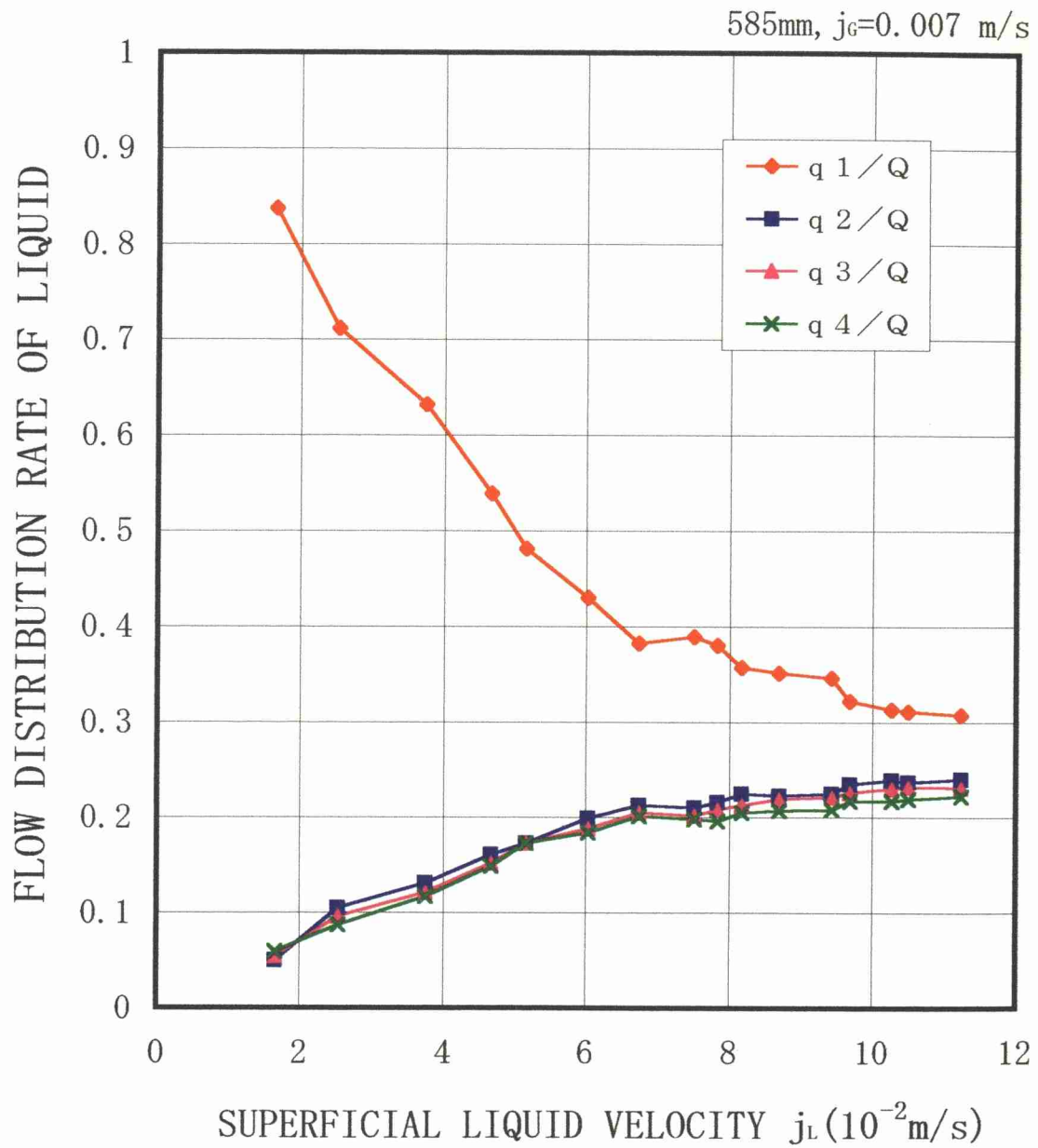


図3 2 気液二相流における流量分配割合(支管高さ 585mm)

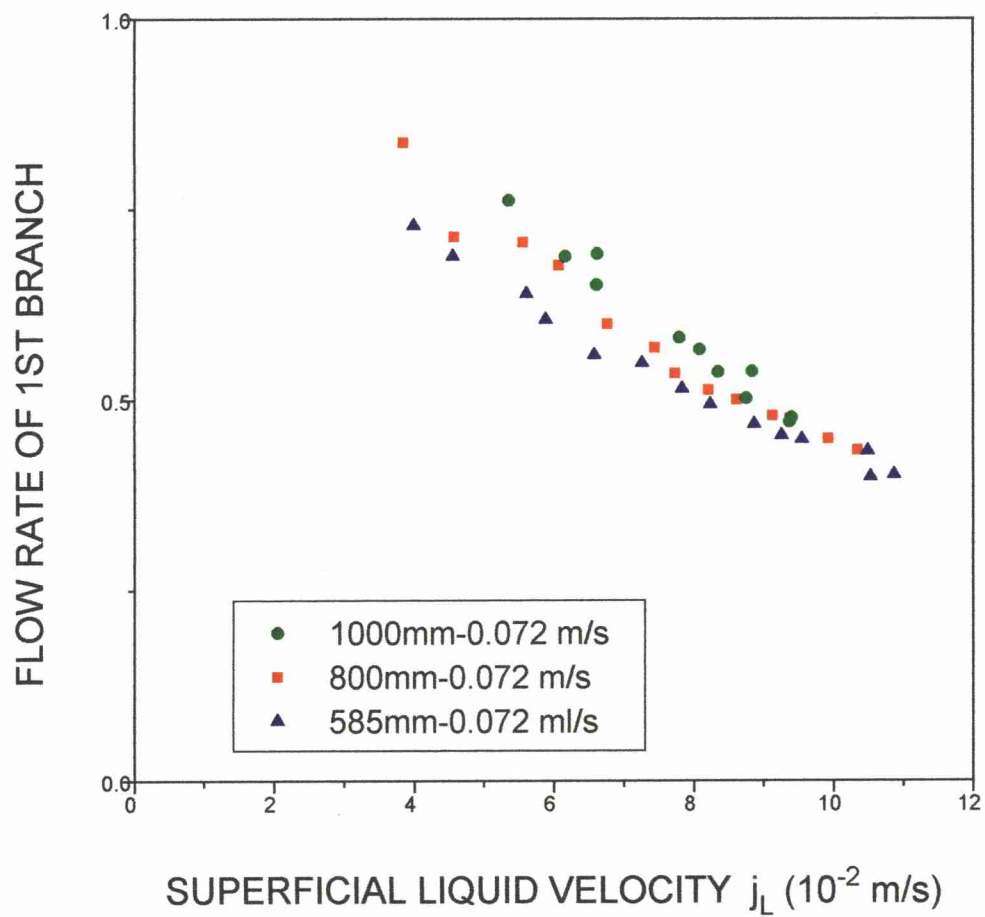


図 3 3 支管高さを変えたときの支管番号①の流量割合

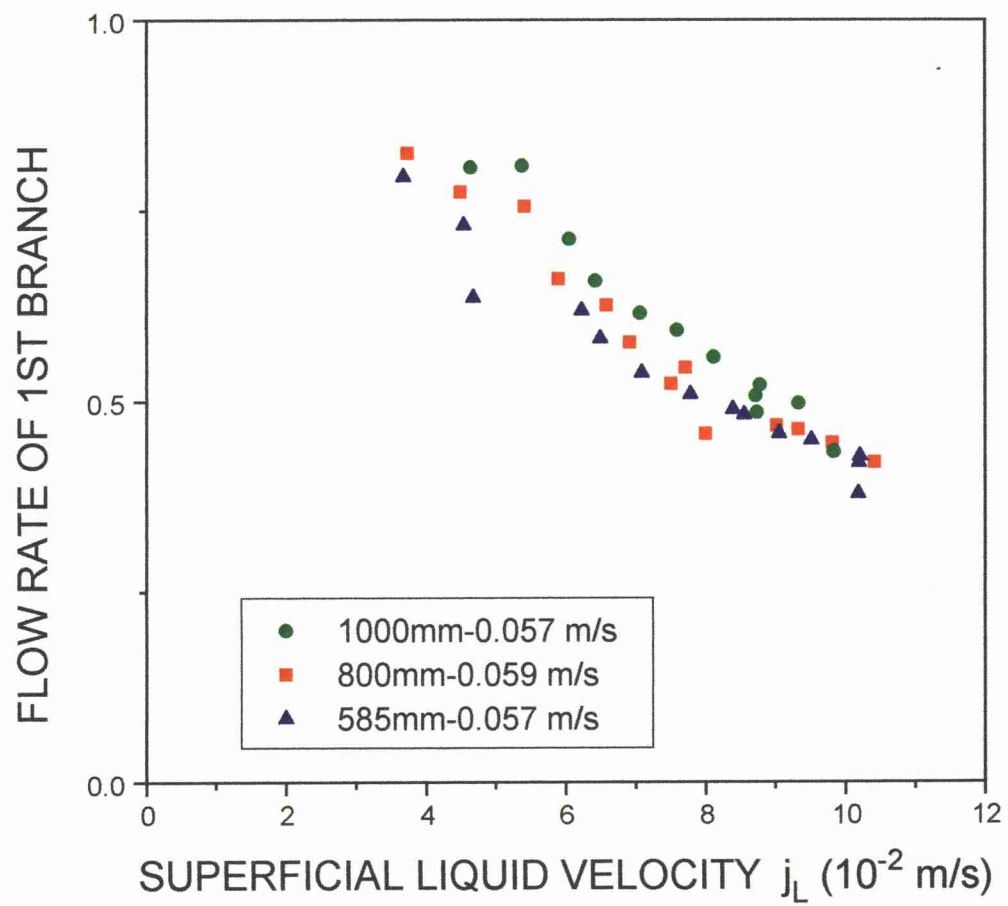


図3 4 支管高さを変えたときの支管番号①の流量割合

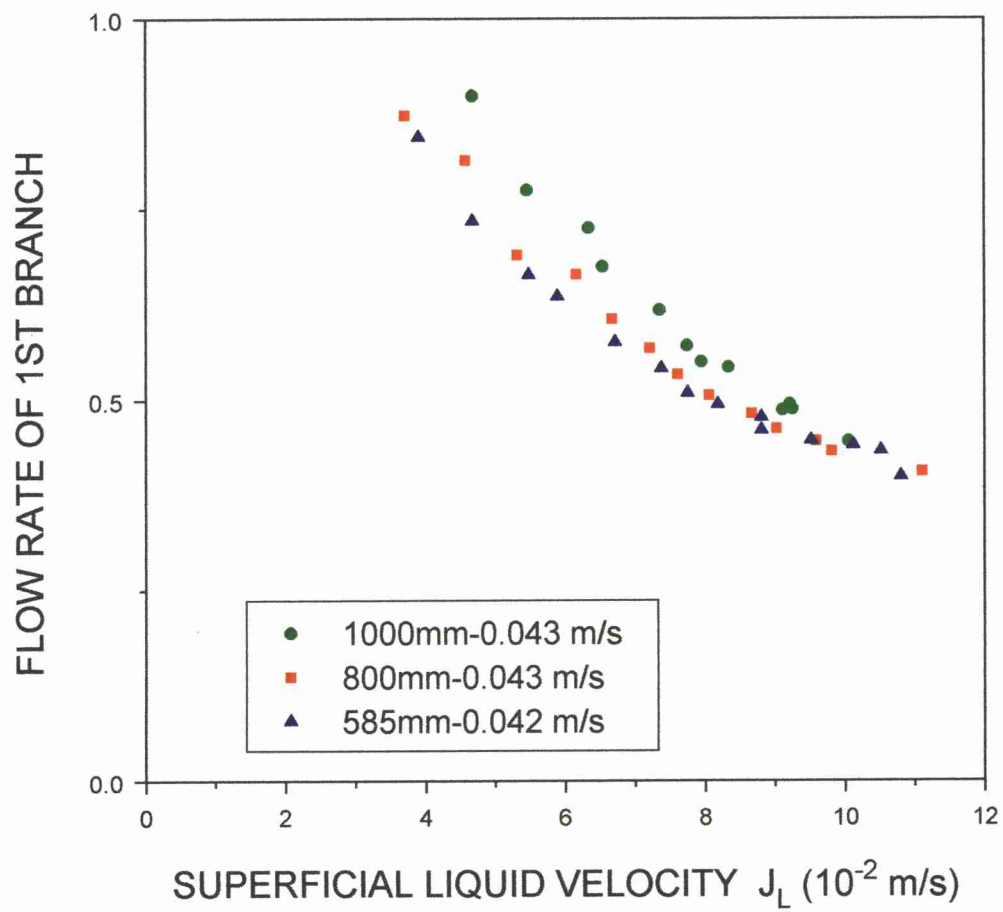


図3 5 支管高さを変えたときの支管番号①の流量割合

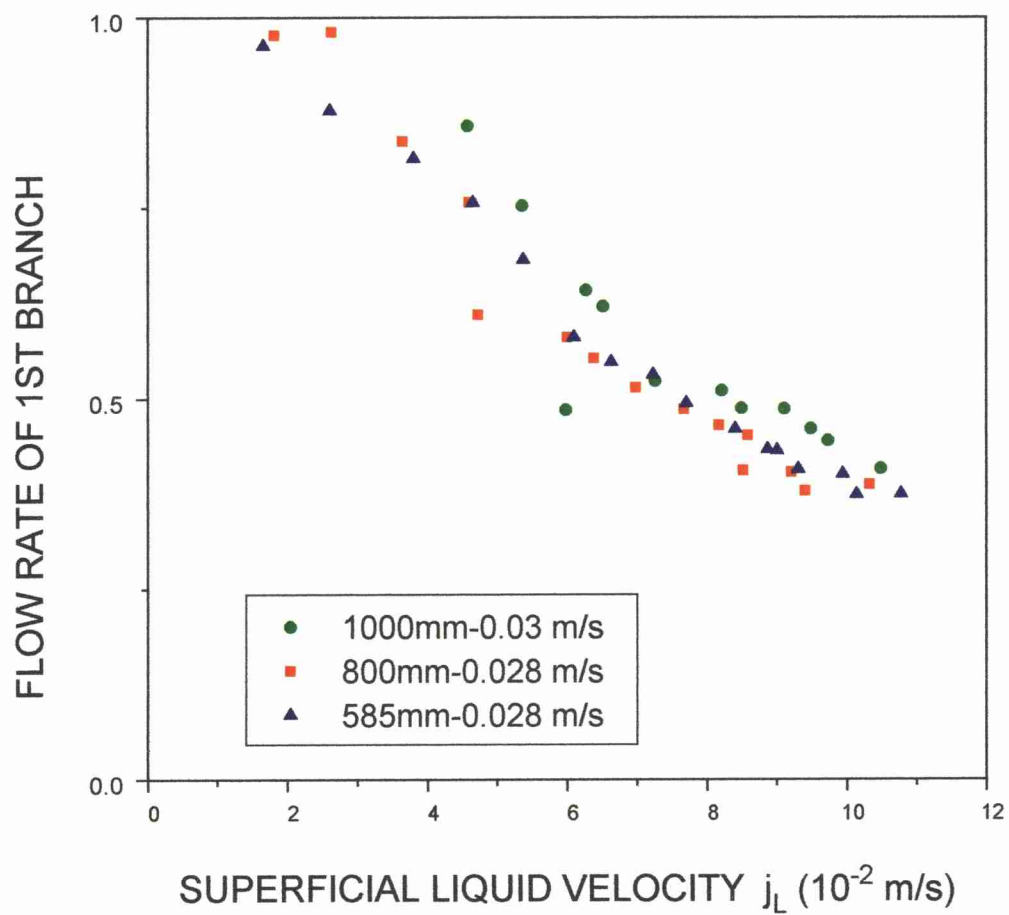


図 3 6 支管高さを変えたときの支管番号①の流量割合

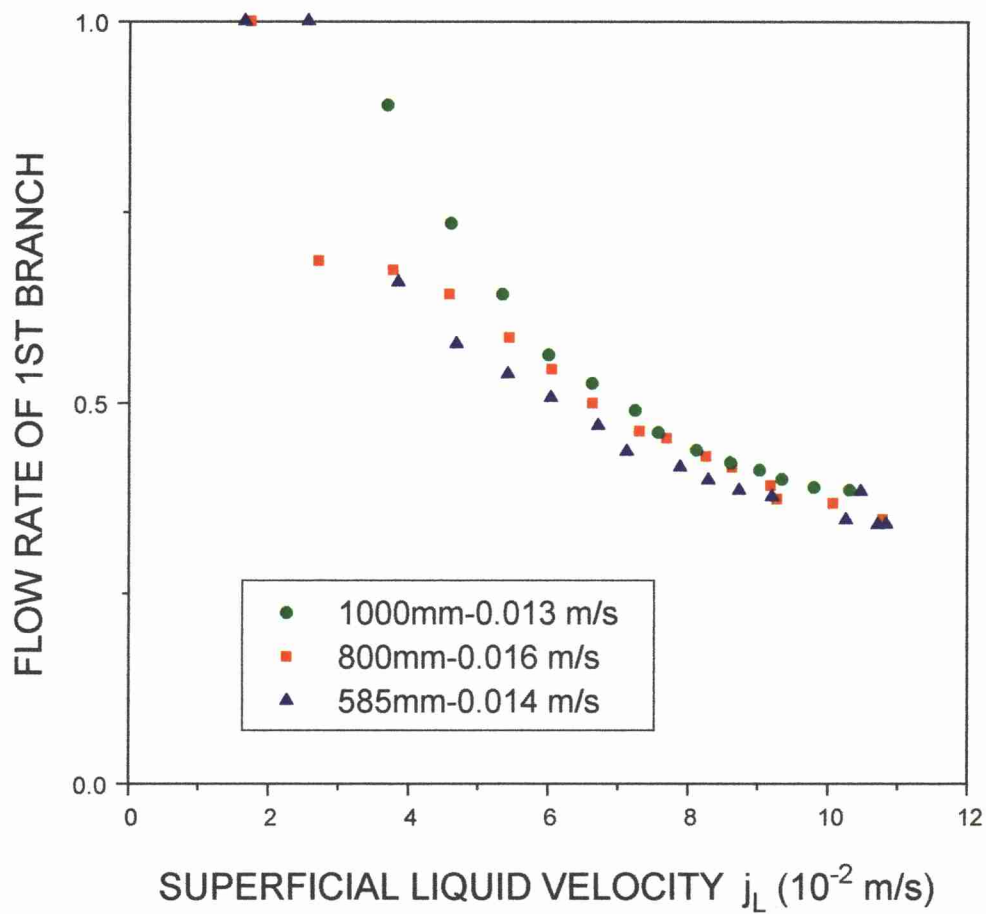


図 3 7 支管高さを変えたときの支管番号①の流量割合

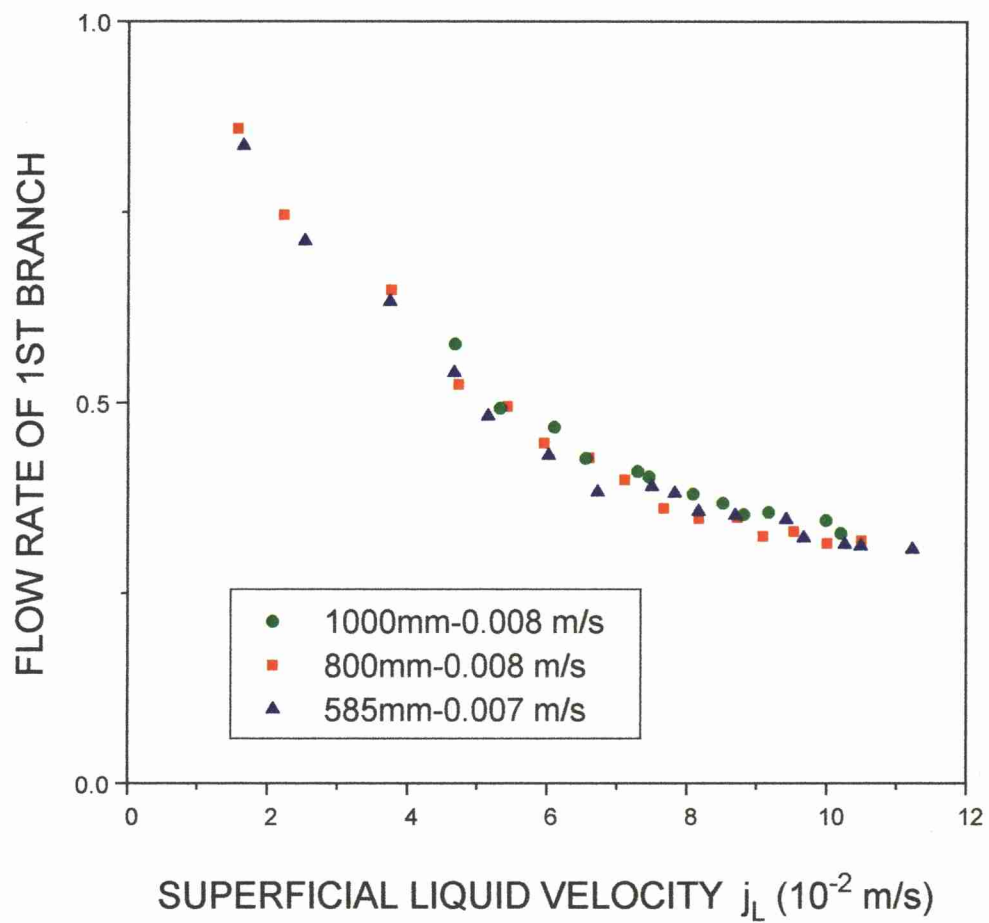


図 3 8 支管高さを変えたときの支管番号①の流量割合

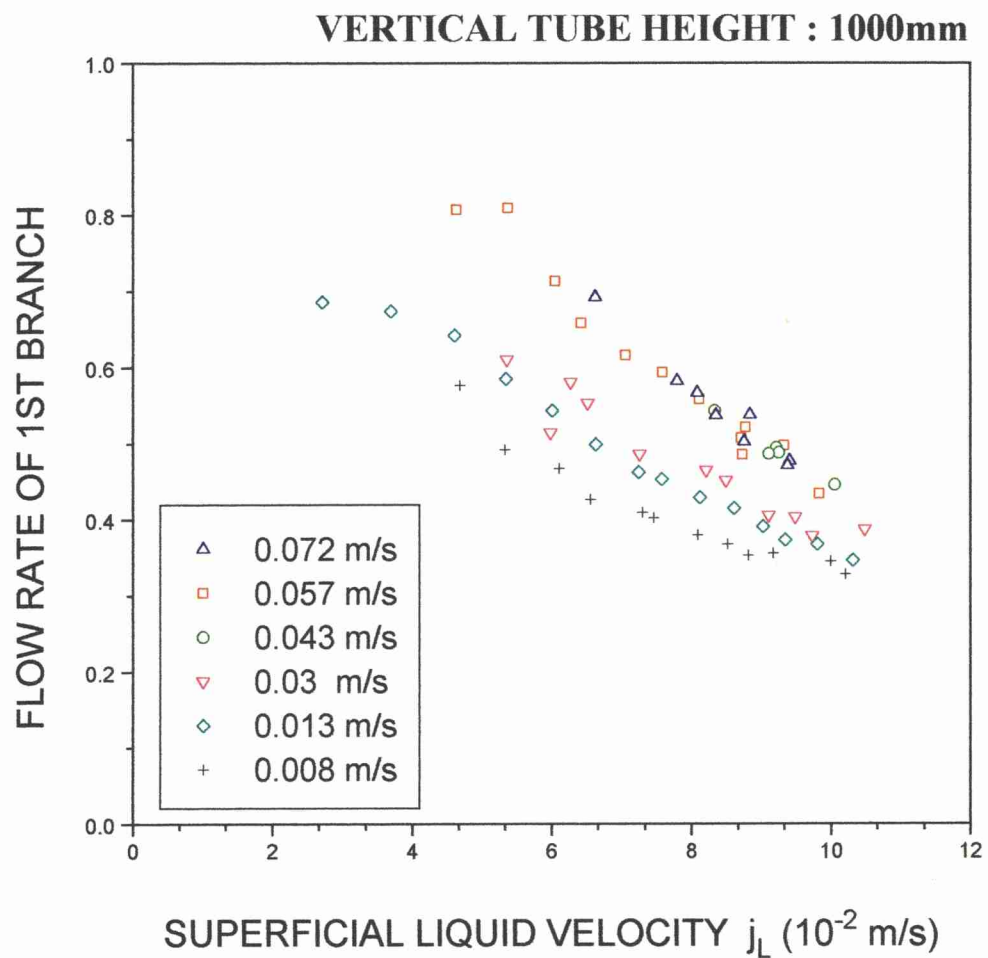


図 3 9 気相見かけ速度を変えたときの支管番号①の流量割合
(支管高さ 1000mm)

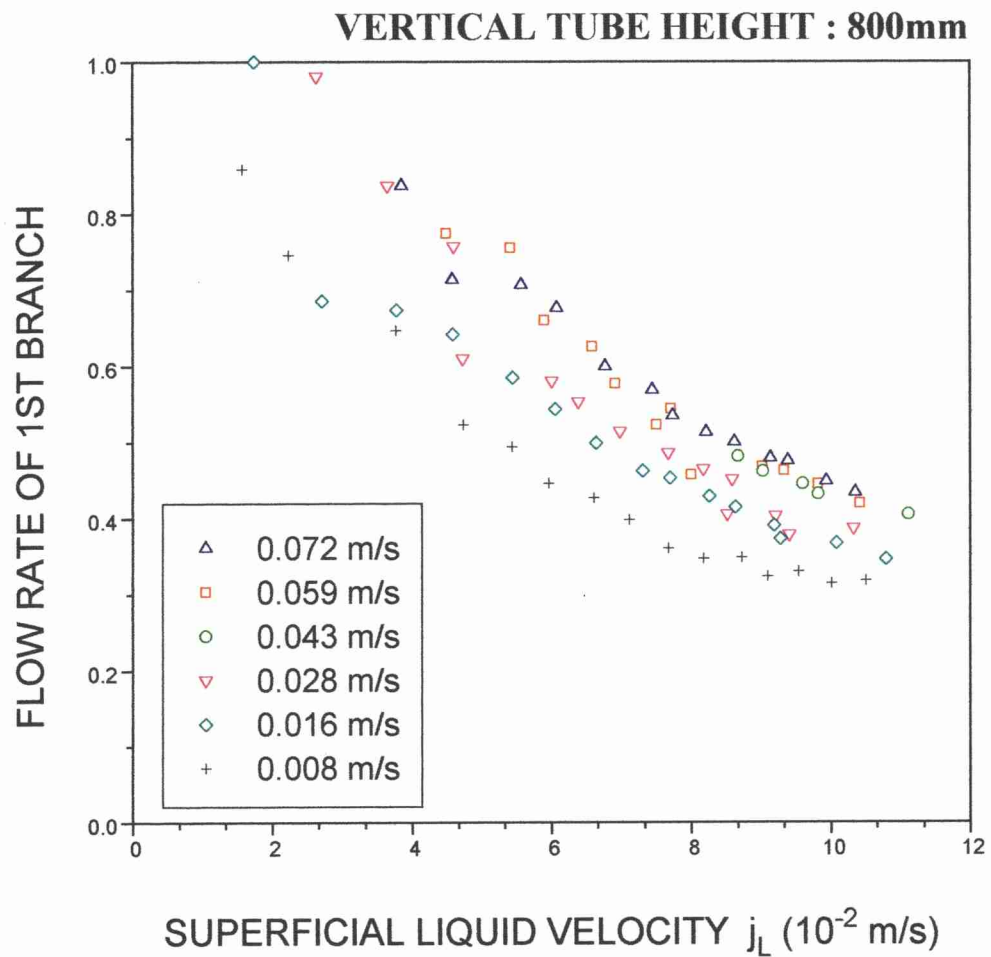


図 4 0 気相見かけ速度を変えたときの支管番号①の流量割合
(支管高さ 800mm)

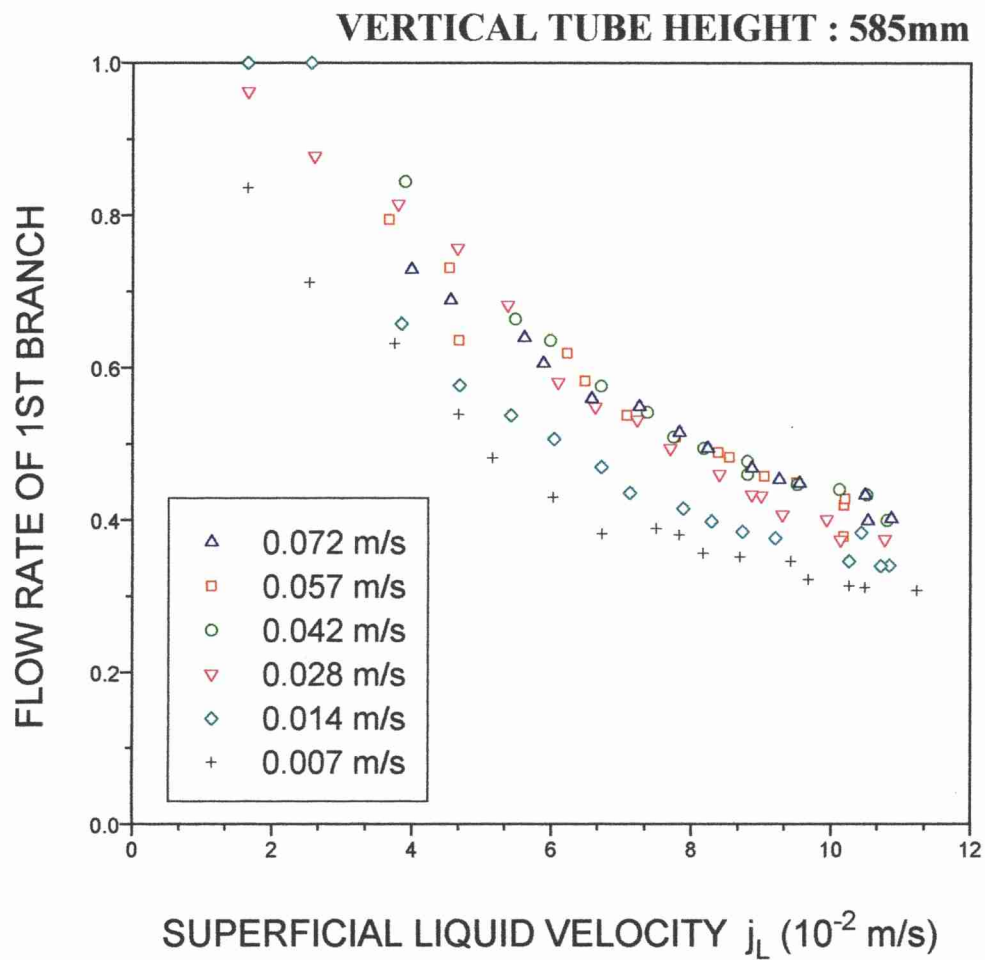


図 4 1 気相見かけ速度を変えたときの支管番号①の流量割合
(支管高さ 585mm)